

**ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE DA CRUZ VERMELHA
PORTUGUESA**



RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**ESTUDOS CARDÍACOS EM TOMOGRAFIA
COMPUTORIZADA MULTICORTE – 16 DETECTORES**

Francisco Manuel Patola Martins

I MESTRADO EM TÉCNICAS E TECNOLOGIAS EM IMAGEM MÉDICA

2013

**ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE DA CRUZ VERMELHA
PORTUGUESA**



RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**ESTUDOS CARDÍACOS EM TOMOGRAFIA
COMPUTORIZADA MULTICORTE – 16 DETETORES**

Orientadores: Doutor Rui Mateus Marques

Técnico de Radiologia Rogério Costa

I MESTRADO EM TÉCNICAS E TECNOLOGIAS EM IMAGEM MÉDICA

2013

Agradecimentos

A realização deste trabalho marca o fim de mais uma importante etapa da minha vida.

Embora, uma tese seja pela sua finalidade académica um trabalho individual, há contributos de natureza diversa que não podem nem devem deixar de ser realçados. Assim, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram de forma decisiva para a sua concretização.

À Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa (ESSCVP) e Hospital da Cruz Vermelha Portuguesa, manifesto apreço pela possibilidade de realização do presente trabalho e por todos os meios colocados à disposição. Agradeço igualmente a excelência da formação prestada e conhecimentos transmitidos, que foram úteis para a elaboração deste trabalho, ambicionando que este dignifique em última instância ambas as instituições.

Não posso deixar de agradecer a todos os profissionais do Hospital da Cruz Vermelha Portuguesa, médicos, técnicos de radiologia, auxiliares de ação médica e assistentes operacionais pela forma como me receberam, sempre dispostos ensinar e a ajudar. O meu mais profundo agradecimento pelo contributo imprescindível na realização do estágio e deste trabalho.

Aos Professores Luís Janeiro e Joana Moreira (Diretor da ESSCVP e Coordenadora do Mestrado em Técnicas e Tecnologias em Imagem Médica) pela disponibilidade, colaboração, conhecimentos transmitidos e capacidade de estímulo ao longo de todo o mestrado.

Desejo agradecer ao meu orientador Dr. Rui Mateus Marques pela disponibilidade, atenção dispensada, paciência e dedicação.

Ao técnico de radiologia Rogério Costa o meu muito obrigado, pela disponibilidade, orientação, ensinamentos, paciência, dedicação e profissionalismo.

Aos meus colegas de mestrado, Ana Ruas, Elizabete Almeida, Hélder Ribeiro, Joana, Margarida e Rita Marques, pelos momentos de entusiasmo partilhados em conjunto.

Aos colegas de profissão Úrsula Racon, Ruben Melo, Alexandra Leitão, Rodrigo Rodrigues, Maria Ana Velhinho, Altino Cunha e José Melão o meu muito obrigado pelo incentivo e amizade.

A todos os meus amigos, o meu muito obrigado pela compreensão e ajuda, em especial à Sandra Figueiredo Salvado.

Também agradeço aos colegas de trabalho, assistentes operacionais Celeste Morgado e Maria Rico, assistente social Sandra Conceição, enfermeiras Ana Quitalo e Maria José Araújo e à Doutora Isabel Barreto, o meu maior agradecimento pelo incentivo e ajuda que me deram ao longo de todo este tempo.

À minha família, em especial aos meus pais, pelo apoio incondicional, compreensão nos momentos de maior indisponibilidade minha, e por estarem sempre presentes.

Quero dedicar este trabalho aos meus avós e pais, como forma da minha gratidão pelo apoio e incentivo ao longo da minha vida.

À Sara, que em todos os momentos esteve ao meu lado, agradeço com um carinho muito especial a presença, a partilha, a compreensão e o incondicional incentivo, fundamental no desenvolvimento deste projeto, que sem ela não seria o mesmo.

Índice

Agradecimentos.....	3
Índice de Figuras	8
Índice de Tabelas	11
Índice de Gráficos.....	12
Índice de Abreviaturas	13
Palavras Chave	15
1. Introdução.....	16
2. Hospital Da Cruz Vermelha Portuguesa.....	18
3. Risco Cardiovascular	20
4. Estado da Arte	21
4.1. Retrospectiva Histórica.....	21
4.2. Gerações	23
4.2.1. 1ª Geração.....	23
4.2.2. 2ª Geração.....	24
4.2.3. 3ª Geração.....	24
4.2.4. 4ª Geração.....	25
4.2.5. 5ª Geração.....	26
5. Especificações do Equipamento	27
6. Resolução Espacial	29
7. Resolução Temporal.....	32
8. Sincronismo Eletrocardiográfico	34
8.1. ECG Prospetivo	35
8.2. ECG Retrospectivo	35
8.3. ECG Retrospectivo com Modulação da Corrente	36
9. Artefactos	37
10. Dose de Radiação	39
10.1. Enquadramento Legal Das Doses Em Portugal.....	40
10.2. Doses Versus Qualidade De Imagem.....	41
11. Indicações e Contra Indicações	43
12. Nitroglicerina.....	44
13. β -Bloqueantes Cardíacos	45
14. Contraste Iodado e Reações ao Contraste	48
14.1. Contraste Iodado.....	48

14.2. Contraindicações ao Contraste	49
14.3. Reações Adversas ao Contraste	50
15. Limitações da Técnica	53
16. Procedimentos.....	54
16.1. Preparação Prévia do Paciente para o Exame	54
16.2. Preparação da Sala de TC	54
16.3. Procedimentos na Execução do Exame	54
17. Programação do Exame	57
17.1. <i>Smartscore</i>	57
17.2. <i>Time Bólus</i>	58
17.3. <i>Snapshot</i>	60
17.4. Reformatação das Imagens	61
18. Pós Processamento.....	62
18.1. <i>Smartscore</i>	62
18.2. <i>Snapshot</i>	65
18.2.1. <i>Volume rendering 3D</i>	65
18.2.2. MIP curvo.....	68
18.2.3. Função cardíaca.	71
18.2.3.1. Volume ventricular esquerdo.	71
18.2.3.2. Movimento da parede do miocárdio.....	72
18.2.3.3. Espessura da parede.	73
18.2.3.4. Espessamento da parede.....	73
18.2.3.5. Movimento ventricular.	74
19. Relatório de Actividades	75
20. Casos Clínicos.....	78
20.1. I Caso Clínico	78
20.2. II Caso Clínico	81
20.3. III Caso Clínico	83
20.4. IV Caso Clínico.....	85
20.5. V Caso Clínico	87
20.6. VI Caso Clínico.....	90
20.7. VII Caso Clínico.....	93
21. Futuro da TCMC	95
22. Conclusão.....	97
23. Referências	98

24. Anexos.....	102
Anexo I - Cronograma e Actividades	103
Anexo II - Preparação e Consentimento para Realização de Tomografia Computadorizada do HCVP	104
Anexo III - Questionário para a Realização do Exame de Tomografia Computadorizada.....	106

Índice de Figuras

Fig. 1 – Esquema de aquisição da imagem em TC de 1ª Geração.	23
Fig. 2 – Esquema de aquisição da imagem em TC de 2ª Geração.	24
Fig. 3 – Esquema de aquisição da imagem em TC de 3ª Geração.	24
Fig. 4 – Esquema de aquisição da imagem em TC de 4ª Geração.	25
Fig. 5 – Esquema de aquisição da imagem em TC de 5ª Geração.	26
Fig. 6 – Equipamento <i>LightSpeed 16</i> da GE.	27
Fig. 7 – Variações da matriz de detetores.	27
Fig. 8 – Representação de <i>Voxel</i> isotrópico.	29
Fig. 9 – Diferentes tamanhos de FOV tem diferentes tamanhos de <i>Pixel</i>	29
Fig. 10 – Esquematização de alguns valores do <i>pitch</i>	30
Fig. 11 – Representação da reconstrução parcial de dados, para uma FC entre 40-60bpm.	32
Fig. 12 – Representação da reconstrução parcial de dados, para uma FC entre 60-75bpm.	32
Fig. 13 – Representação da reconstrução parcial de dados, para uma FC entre 75-90bpm.	33
Fig. 14 – Reconstrução na fase 70%.	34
Fig. 15 – ECG prospetivo.	35
Fig. 16 – ECG retrospectivo sem modulação da corrente.	35
Fig. 17 – ECG retrospectivo com modulação da corrente.	36
Fig. 18 – Artefacto de movimento devido a extrassístole.	37
Fig. 19 – Artefacto <i>Stairstep</i>	37
Fig. 20 – Artefacto de <i>Blooming</i>	38
Fig. 21 – Bandeja de trabalho com o material:	56
Fig. 22 – Topogramas de Planificação do Exame TC Cardíaco.	57
Fig. 23 – Topograma com planificação dos cortes.	57
Fig. 24 – Topograma de marcação do <i>Time Bólus</i>	58
Fig. 25 – Sequência de imagens do <i>Time Bólus</i>	59
Fig. 26 – MIROI na raiz da artéria aorta.	59
Fig. 27 – Formulário do paciente que se deve preencher.	62
Fig. 28 – Duas das imagens do <i>smartscore</i> com apenas cálcio selecionado.	63
Fig. 29 – Imagem renderizada do coração.	65
Fig. 30 – Reconstrução 3D do coração, onde é possível identificar os ramos coronários direito e esquerdo.	66

Fig. 31 – Ramos coronários direitos e esquerdos.	66
Fig. 32 – Outras perspectivas do coração.	67
Fig. 33 – Ramo coronário esquerdo.	68
Fig. 34 – Artéria DA em toda a sua extensão sob duas perspectivas.	68
Fig. 35 – Ramo Cx da coronária esquerda em duas perspectivas.	69
Fig. 36 – Primeiro ramo marginal da artéria Cx em duas perspectivas.	69
Fig. 37 – Segundo ramo marginal da artéria Cx em duas perspectivas.	69
Fig. 38 – Artéria CD em duas perspectivas.	70
Fig. 39 – Artéria CD como ramo para IVP (esquerda) e ramo pósterolateral (PL) (direita).	70
Fig. 40 – Imagens das várias fases (5% a 95%) do intervalo R-R, para análise da função cardíaca.	71
Fig. 41 – Corte do ventrículo esquerdo identificando as estruturas anatômicas.	74
Fig. 42 – Ventrículo esquerdo.	74
Fig. 43 – Reconstrução 3D onde podemos observar a anastomose das pontagens.	78
Fig. 44 – Calcificação grave, no ramo esquerdo e direito.	79
Fig. 45 – Pontagem MIE para DA.	80
Fig. 46 – Pontagem Saf para CD.	80
Fig. 47 – Ramo Coronário Esquerdo com calcificação dos segmentos da DA, D1 e D2.	80
Fig. 48 – Artéria Coronária Direita muito calcificada em todo o seu trajeto.	80
Fig. 49 – Reconstrução 3D onde podemos visualizar a estenose na CD (2008).	81
Fig. 50 – MIP da CD, identificando a estenose (2008).	81
Fig. 51 – MIP curvo identificando alguns pontos de cálcio na artéria DA e na emergência da D2 (2011).	82
Fig. 52 – Reconstrução 3D onde podemos visualizar a estenose da CD (2011).	82
Fig. 53 – Reconstrução 3D onde se pode observar a coartação da aorta.	83
Fig. 54 – Coartação da aorta (diminuição do calibre da artéria para 16,5mm).	84
Fig. 55 – Dilatação da Aorta.	84
Fig. 56 – Insuficiência da Válvula Tricúspide.	84
Fig. 57 – <i>Volume Rendering</i> do coração onde é possível observar a coronária direita e a DA.	85
Fig. 58 – Artéria Circunflexa com doença difusa.	86
Fig. 59 – Artéria coronária direita apresenta lesões nas porções proximal e média.	86

Fig. 60 – Corte axial do ventrículo onde é possível observar uma dilatação do miocárdio.....	86
Fig. 61 – Coronária direita e dois dos bypasses	87
Fig. 62 – Coronária esquerda com as três pontagens em 3D.	87
Fig. 63 – Pontagem MIE para DA.	88
Fig. 64 – Pontagem Saf. para IVP com uma compressão na porção proximal. ..	88
Fig. 65 – Pontagem Saf para OM.	89
Fig. 66 – <i>Volume Rendering</i> do coração onde é possível observar a coronária direita.....	90
Fig. 67 – MIP da CD onde podemos observar os dois <i>stent</i> sob duas perspectivas.	91
Fig. 68 – Imagens do <i>smartscore</i> onde é possível observar a calcificação das coronárias esquerdas.	91
Fig. 69 – Ventrículo Esquerdo nas fases sístole e diástole.	92
Fig. 70 - <i>Volume Rendering</i> do coração onde é possível observar a coronária direita e a DA.....	93
Fig. 71 – MIP's curvos da DA, D1 e Cx onde se pode observar algumas placas ateromatosas.....	94
Fig. 72 – MIP da CD até ao ramo IVP.....	94

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Causas de morte em Portugal, valores médios de 2004 a 2006.....	20
Tabela 2 – Otimização do tamanho do <i>Pixel</i> (<i>Pixel</i> = FOV/Matriz).....	30
Tabela 3 – Dose de Radiação Com e Sem Sincronismo Eletrocardiográfico	39
Tabela 4 – Limites das Doses para os Profissionais Expostos.....	40
Tabela 5 – Limites de Doses para os Membros do Público.....	41
Tabela 6 – Protocolo de Administração de β -Bloqueante.....	46
Tabela 7 – Exemplo de um protocolo de um serviço de TC	51
Tabela 8 – Valores de Programação do Injetor Automático	58
Tabela 9 – Protocolos predefinidos do equipamento	60
Tabela 10 – Diretrizes para a interpretação do índice de cálcio na artéria coronária.	63
Tabela 11 – Parâmetros do Protocolo <i>SnapShot Burst</i> 60 bpm	79
Tabela 12 – Parâmetros do Protocolo <i>SnapShot Segment</i> 50 bpm	82
Tabela 13 – Parâmetros do Protocolo <i>SnapShot Segment</i> 50 bpm	83
Tabela 14 – Parâmetros do Protocolo <i>snapshot Segment</i> 55 bpm	85
Tabela 15 – Parâmetros do Protocolo <i>SnapShot Segment</i> 50 bpm	88
Tabela 16 – Parâmetros do Protocolo <i>SnapShot Segment</i> 50 bpm	90
Tabela 17 – Parâmetros do Protocolo <i>SnapShot Segment</i> 45 bpm	94

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – <i>Time Bólus</i>	60
Gráfico 2 – Volume Ventricular	71
Gráfico 3 – Movimento da Parede do Miocárdio	72
Gráfico 4 – Espessura da Parede do Miocárdio	73
Gráfico 5 – Espessamento da Parede	73
Gráfico 6 – Distribuição de homens e mulheres que realizaram TC coronária ...	75
Gráfico 7 – Distribuição dos pacientes por faixas etárias e sexo.....	75
Gráfico 8 – Pacientes com antecedentes de alergias.	76
Gráfico 9 – Resultados dos Exames	77

Índice de Abreviaturas

3D – Três Dimensões

β – Beta

bpm – Batimentos por minuto

cc – Centímetro cubico

CD – Coronária Direita

cm – Centímetro

CTDI – *Computed Tomography Dose Index* – Índice de dose em Tomografia Computadorizada

Cx – Circunflexa

DA – Descendente Anterior

DAC – Doença Arterial Coronária

DCA – Doença Coronária Aguda

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

EAM – Enfarte agudo do Miocárdio

EBT - *Electron Beam Tomography*

ECG – Eletrocardiograma

ECG *Gating* – Sincronismo Electrocardiográfico

EDV – *End Diastolic Volume* - Volume Diastólico Final

ESV – *End Systolic Volume* - Volume Sistólico Final

FC – Frequência Cardíaca

FE – *Fraction of Ejection* - Fração de Ejeção

FOV – *Field Of View* - Campo de Visão

HU – *Hounsfield Unit* – Unidade de Hounsfield

ICRP – *International Committee on Radiation Protection* - Comité Internacional em Proteção Radiológica

IOT – Intubação Orotraqueal

IV – Intravenosa

IVP – Interventricular posterior

Kv – Quilo volt

LA – *Left Arm* - Braço Esquerdo

LL – *Left Leg* - Perna Esquerda

l/min – Litros por minuto

mA/s – Miliamperes por segundo

mg – Miligrama

mg/kg – Miligrama por quilograma

mGy – Milli-Grays

MIE – Mamária Interna Esquerda

MIP – *Maximum Intensity Projection* - Projeção de Máxima Intensidade

MIROI – *Multiple Image Region of Interest*

mm – Milímetro

mmHg – Milímetros de mercúrio

MPR – *Multiplanar Projection Reconstruction*

ms – Milissegundo

MSE – Membro Superior Esquerdo

mSv – Milisievert

NaCl – Soro Fisiológico

OM – Obliqua marginal

OMS – Organização Mundial de Saúde

PCI – Produto de Contraste Iodado

PE – Prova de Esforço

PÓ – Per Os

RA – *Right Arm* – Braço Direito

RM – Ressonância Magnética

s – segundos

Saf – Safena

Sv – Sievert

SV – *Stroke Volume* - Volume Ejeção

TAC – Tomografia Axial Computorizada

TC – Tomografia Computorizada

TCC – Tomografia Computorizada Coronária

tc – Tronco Comum

TCE – Tronco Coronário Esquerdo

TCMC – Tomografia Computorizada Multicorte

Palavras Chave

Tomografia Computorizada; Multicorte; Cardíaco;
Eletrocardiograma; Dose; Detetores.

1. Introdução

Desde a introdução da Tomografia Axial Computorizada (TAC), em 1972, como método de diagnóstico para aplicações médicas, assistiu-se a uma rápida sofisticação da tecnologia empregue, desde os tomógrafos de “primeira geração” até aos atuais equipamentos multicorte. Estes avanços tecnológicos têm permitido uma melhoria na qualidade das imagens obtidas, no tempo de *scan* e na versatilidade e exatidão de diagnóstico (Loureiro, R. et al. 2003).

A Tomografia Computorizada Coronária (TCC) é uma técnica em evolução que inclui uma variedade de exames que permitem avaliar a anatomia e a patologia dos grandes vasos centrais e do pericárdio, bem como da função cardíaca e válvulas cardíacas (Budoff, M. J. et al. 2006).

Se considerarmos que Doença Coronária Aguda (DCA) é a principal causa de morte em homens e mulheres em Portugal (Macedo, A. et al. 2010) e que, cerca de seis milhões de pacientes são avaliados anualmente nos serviços de urgência com situações de dor torácica, apercebemo-nos que é um grande fator de despesa em cuidados de saúde (Jones, I. D. et al. 2009).

Muitos destes pacientes realizam um conjunto de análises clínicas de enzimas cardíacas que, só após resultados de níveis enzimáticos normais, levam à realização de provas de esforço e finalmente ao diagnóstico da síndrome coronário agudo.

É aqui que a TCC se evidencia como uma técnica radiológica muito importante, pois oferece a possibilidade de avaliar pacientes com queixas de doença coronária aguda através de um exame que se realiza em menos de 20 minutos, logo após a chegada ao Serviço de Urgência, e antes dos resultados da análise enzimática da lesão do miocárdio estarem disponíveis (Einstein, A. J. et al. 2007).

São muitos os instrumentos que existem para abordar prognóstico e diagnóstico da DCA, todos eles de um modo diferente, com pontos fracos e fortes. No entanto, com o desenvolvimento da Tomografia Computorizada Multicorte (TCMC) as imagens podem agora ser

adquiridas muito rapidamente e com uma alta resolução espacial (Bowman, A. W. et al. 2009).

Este relatório está inserido no âmbito do Mestrado em Técnicas e Tecnologias em Imagens Médicas. Tem como objetivo, descrever o estágio de aprendizagem com a duração de 2 meses (150 horas presenciais), que foi realizado no Hospital da Cruz Vermelha Portuguesa, no Departamento de Imagiologia, Serviço de Tomografia Computorizada, com o intuito de aprofundar conhecimentos em Estudos Cardíacos em Tomografia Computorizada Multicorte de 16 detetores.

Assim, pretende realizar uma breve retrospectiva sobre a evolução da Tomografia Computorizada (TC), aprofundando conhecimentos sobre a tecnologia multicorte de 16 detetores, até aos dias de hoje, e a sua importância na realização de estudos cardíacos.

Tem como objetivos específicos rever aspetos do funcionamento dos sistemas de TC, atualizar conhecimentos fundamentais sobre a qualidade da imagem em TC, visualizar, aprender, discutir e executar todos os procedimentos referentes aos estudos cardíacos por TC e perceber como os diferentes parâmetros do equipamento devem ser utilizados em benefício do exame e do paciente.

2. Hospital Da Cruz Vermelha Portuguesa

O Hospital da Cruz Vermelha Portuguesa, está hoje apoiado em critérios de qualidade e inovação, contando com um quadro clínico permanente de reconhecido prestígio em todas as áreas.

Sendo uma unidade hospitalar de referência, o Hospital da Cruz Vermelha, trabalha diariamente para que os seus pacientes se sintam bem, saudáveis e com qualidade de vida.

Inaugurado em 1965, foi objeto de uma profunda reestruturação e modernização iniciada em 1998 e está equipado com os mais modernos meios tecnológicos de última geração.

O serviço de internamento de medicina e cirurgia, tem uma capacidade de 150 camas distribuídas em quartos individuais, duplos e enfermarias totalmente modernizados, com o objetivo de proporcionar o máximo conforto e serviço personalizado.

Está organizado em Departamentos Clínicos altamente especializados, que realizam as cirurgias e técnicas operatórias mais complexas e inovadoras e dispõe ainda de duas Unidades de Cuidados Intensivos, uma de adultos e outra pediátrica ambas com médico residente.

Os resultados do trabalho desenvolvido pelos Departamentos de Circulação (integrado pelas unidades de Cirurgia Cardiotorácica, Cirurgia Vascular e Cardiologia), de Ortopedia (com as Unidades da Coluna e Articular), bem como o Departamento de Urologia e Neurocirurgia, têm sido objeto de divulgação em Portugal mas também na Europa e Estados Unidos.

O Serviço de Atendimento Permanente a funcionar 24 horas por dia, 365 dias por ano, tem médico residente, estando especialmente vocacionado para urgências cardiológicas e urológicas.

O Hospital dispõe ainda de serviços de apoio à atividade clínica, onde são realizados todo o tipo de meios complementares de diagnóstico e terapêutica:

- Farmácia Hospitalar;
 - Laboratório de Anatomia Patológica;
 - Laboratório de Hemodinâmica;
 - Laboratório de Patologia Clínica;
 - Serviço de Angiologia;
 - Serviço de Imagiologia (Radiologia Convencional, TC, Ressonância Magnética (RM));
 - Serviço de Imunohemoterapia;
 - Telemedicina.
-

3. Risco Cardiovascular

Segundo um estudo realizado em Portugal pelo INE, entre 2004 e 2006, concluiu-se que as doenças cardiovasculares estão no topo da lista como a maior causa de mortalidade entre homens e mulheres.

Como podemos observar na tabela 1, a mortalidade por doenças do sistema circulatório afetaram de forma mais acentuada as mulheres, chegando quase aos 40%, que os homens (Oliveira, I. 2006).

Tabela 1 – Causas de morte em Portugal, valores médios de 2004 a 2006.

	Mulheres	Homens
Doenças Infecciosas (A00-B99)	1.6	2.5
Tumores Malignos (C00-D48)	18.3	24.5
Doenças Nutricionais, Endócrinas e Metabólicas (E00-E90)	5.7	3.9
Doenças do Sistema Circulatório (I00-I99)	38.9	29.6
Doenças do Sistema Respiratório (J00-J99)	9.9	11.0
Doenças do Sistema Digestivo (K00-K93)	3.6	5.0
Causas Externas (V01-Y89)	2.4	5.9
Outras Causas	7.3	6.2
Causas mal definidas (R00-R99)	12.3	11.4
Total	100.0	100.0

Fonte: Oliveira, I. 2006.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) refere que as doenças cardiovasculares são a primeira causa de morte em todo o mundo, estimando-se que 17,5 milhões de pessoas morreram devido a estas doenças em 2005, representando 30% de todas as mortes do mundo (Cimadon, H. et al. 2010).

No entanto, o risco de desenvolver Doença Arterial Coronária (DAC) verifica-se ser maior no sexo masculino do que no sexo feminino (Macedo, A. et al. 2010).

Como fatores de risco da DAC, temos a hipertensão arterial (HTA) responsável por 13% de mortes no mundo, tabagismo 9%, hiperglicemia 6%, sedentarismo 6% e obesidade 5% (Alwan, A. 2010).

4. Estado da Arte

4.1. Retrospectiva Histórica

O crescimento exponencial de equipamentos de tomografia computadorizada nos hospitais do mundo inteiro, demonstra o sucesso deste equipamento, que nos últimos 40 anos tornou-se num meio de diagnóstico imprescindível.

Até 1974, contavam-se 60 equipamentos de Tomografia Axial Computorizada (TAC) instalados em todo o mundo.

Depois da comercialização do primeiro equipamento destinado à análise de corpo inteiro (1976), em 1980 já eram contabilizadas, aproximadamente 10000 instalações e no ano 2000, já se contabilizavam cerca de 30.000 instalações em todo o mundo (Francesco, S. 2009).

Em Portugal, até 1990 eram contabilizados 45 equipamentos de TC instalados, em 1997 eram 122 e em 2003 já se contabilizavam 134 equipamentos instalados (Francesco, S. 2009).

Em 1984, o *Electron Beam Tomography* (EBT) é apresentado como uma nova modalidade radiológica para o diagnóstico da DAC. Com uma resolução temporal de 100 milissegundos (ms), tornou possível que o EBT permitisse uma representação da anatomia cardíaca na fase diastólica, mesmo com frequências cardíacas altas (Flohr, T. et al. 2003).

Embora em 1992 já existissem equipamentos helicoidais com dois cortes, só em 1998 foram introduzidos no mercado os primeiros tomógrafos multicorte de quatro cortes (Medeiros, J. 2009).

Em 1999, foi introduzido no mercado um TC multicorte de quatro detetores para a avaliação do coração e das artérias coronárias. Este tomógrafo cardíaco é caracterizado pela sua geometria helicoidal com um *pitch* muito baixo, geralmente 0,25-0,37, que permite a redução da distorção das informações em todo o ciclo cardíaco enquanto o eletrocardiograma (ECG) é gravado (Cademartiri, F. 2004).

Em 2001, uma nova geração de sistemas TC multicorte foram introduzidos, com uma capacidade de adquirir simultaneamente mais de 16 cortes sub-milimétricos e rotações da *gantry* inferiores a 0,5 segundos.

A resolução espacial e a resolução temporal foram aperfeiçoadas e os tempos consideravelmente reduzidos na duração do exame (Flohr, T. et al. 2003).

A possibilidade de avaliação não invasiva das artérias coronárias, com esta técnica, é extremamente apeladora, tanto do ponto de vista médico como comercial (Cademartiri, F. 2004).

4.2. Gerações

O desenvolvimento da TC, começou com as experiências de Godfrey Hounsfield no início dos anos 70, correspondendo à primeira geração da TAC. Para aumentar a velocidade foram acrescentados detetores, implicando passar de um feixe tipo lápis para um feixe cónico.

Os dois métodos de aquisição da imagem funcionam com o princípio translação – rotação, em que o feixe de radiação percorria o objeto num movimento linear de translação, repetindo este procedimento após um pequeno incremento da rotação (Silva, J. 2005).

Nos mais de 40 anos de história da TC, foram desenvolvidos inúmeros modelos de tomógrafos que podem ser esquematicamente agrupados em quatro categorias ou, gerações:

4.2.1. 1ª Geração.

Estes tomógrafos apresentavam um feixe muito colimado de raios X e apenas um detetor. Estes equipamentos adquiriam os dados através do movimento linear de translação do conjunto, que suportava a ampola de radiação X e o detetor. Deste modo era possível obter várias projeções e medições numa dada direção (figura 1).

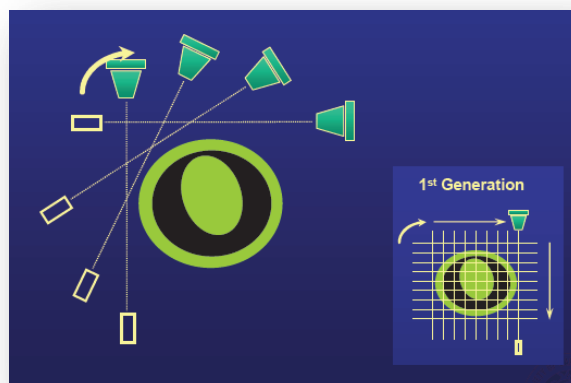


Fig. 1 – Esquema de aquisição da imagem em TC de 1ª Geração.

Disponível em:
<http://av.conferencearchives.com/pdfs/070705/01.01.pdf>

Terminado o movimento de translação do conjunto ampola/detetor, este rodava num novo ângulo (1°) de modo a adquirir uma nova projeção.

Desta forma eram necessárias 180 projeções para adquirir um corte, todo este processo demorava aproximadamente quatro minutos (Medeiros, J. 2009).

4.2.2. 2ª Geração.

A técnica de aquisição era igual aos equipamentos da primeira geração no entanto, como utilizavam sistemas com múltiplos detetores permitiam assim a aquisição de várias projeções, reduzindo o número de passos da rotação do sistema ampola-detetor, diminuindo o tempo de corte para 20-60 segundos (figura 2) (Francesco, S. 2009).

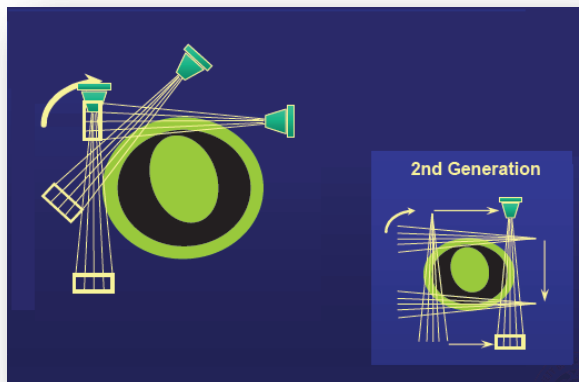


Fig. 2 – Esquema de aquisição da imagem em TC de 2ª Geração.

Disponível em:
<http://av.conferencearchives.com/pdfs/070705/01.01.pdf>

4.2.3. 3ª Geração.

Nestes equipamentos foram colocados um grande número de detetores, segundo um arranjo de forma concêntrica, que roda em simultâneo com a fonte como podemos observar na figura 3, desaparecendo assim o movimento de translação.

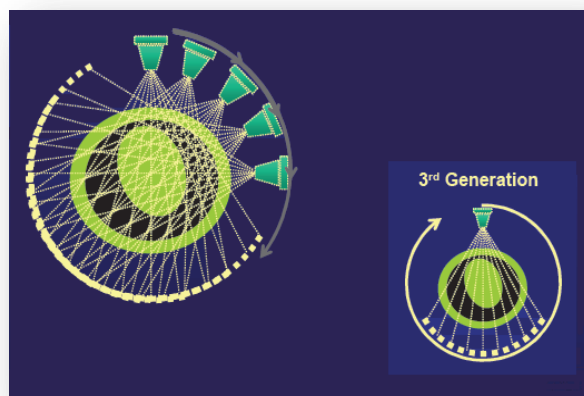


Fig. 3 – Esquema de aquisição da imagem em TC de 3ª Geração.

Disponível em:
<http://av.conferencearchives.com/pdfs/070705/01.01.pdf>

Nestes equipamentos a alimentação da ampola e a informação dos dados dos detetores eram efetuadas por cabos, limitando assim o equipamento no sentido em que, obrigavam que o sistema fonte-detetor tivesse de rodar no sentido horário e anti-horário (Medeiros, J. 2009).

Desta forma acelerações e desacelerações na *gantry* eram o principal limitador do tempo de corte, impedindo que o tempo de rotação

fosse inferior a dois segundos. A introdução da tecnologia *sliprings*, em 1987, permitiu assim que o sistema ampola-detetor rodasse a uma velocidade constante, reduzindo assim o tempo de rotação para aproximadamente um segundo (Francesco, S. 2009).

4.2.4. 4ª Geração.

Estes tomógrafos caracterizam-se por possuírem um conjunto de detetores, dispostos em anel, movendo-se apenas a ampola de raios X descrevendo uma circunferência interna ou externa ao anel de detetores (Francesco, S. 2009).

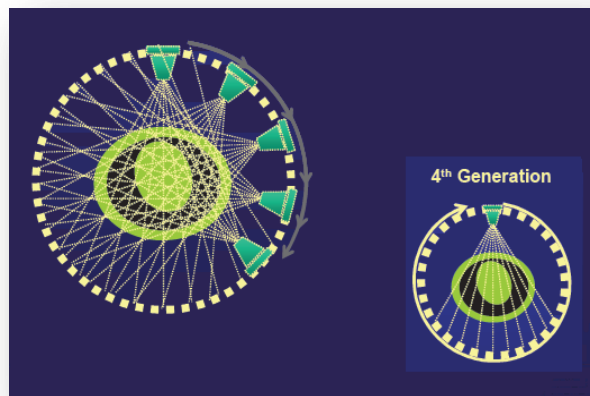


Fig. 4 – Esquema de aquisição da imagem em TC de 4ª Geração.

Disponível em:

<http://av.conferencearchives.com/pdfs/070705/01.01.pdf>

Nestes equipamentos, as projeções são adquiridas através da informação recebida de cada detetor, uma vez que o feixe divergente da ampola irradia toda a secção do corpo em estudo (Medeiros, J. 2009).

Relativamente aos tempos de aquisição, estes equipamentos são muito similares aos da terceira geração.

Por não permitir a introdução da tecnologia multicorte, estes equipamentos poderão estar destinados ao abandono, pois tanto do ponto de vista económico como do ponto de vista prático, não são viáveis (Francesco, S. 2009).

Desta forma uma das grandes desvantagens dos equipamentos de quarta geração foi o custo pois, o elevado número de detetores implementados no anel era demasiado, tornando o custo do equipamento também ele elevado em comparação com outros equipamentos.

Das inovações tecnológicas que mais marcaram o desenvolvimento da TC podemos destacar, a aquisição helicoidal e o

sistema multicorte, que acabaram por conduzir à que se pode denominar de quinta geração.

4.2.5. 5ª Geração.

Nestes equipamentos, o movimento de rotação do feixe de raios X é realizado por uma focagem magnética do feixe de elétrons, não existindo neste caso movimento de componentes mecânicos em torno do paciente, permitindo assim reduzir o tempo de aquisição inferior a 50 ms (Francesco, S. 2009).

Os elétrons são acelerados e focados em vários ânodos distribuídos de forma concêntrica em torno de um arco com cerca de 210°. É emitido um feixe de elétrons e controlada a sua direção através de bobinas que estão distribuídas ao longo do seu trajeto. Este roda de modo a embater e defletir, em direção aos detetores, nas várias pistas de foco existentes no ânodo circular, como podemos observar na figura 5 (Medeiros, J. 2009).

A junção da rapidez de aquisição e a tecnologia multicorte tornou este sistema especializado em estudos dinâmicos, muito utilizado na avaliação das calcificações arteriais coronárias. No entanto, devido ao elevado custo, fraca versatilidade e ao desenvolvimento da tecnologia multicorte, que permitia realizar o mesmo trabalho com uma qualidade quase igual e a um menor custo, limitou a comercialização deste sistema (Francesco, S. 2009).

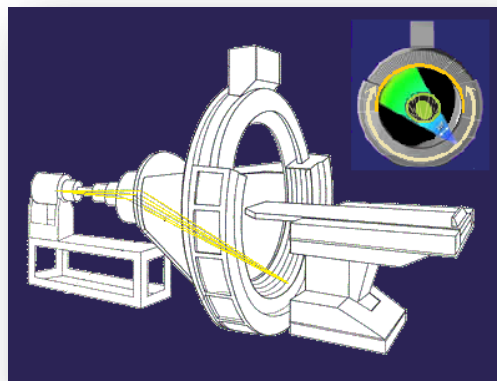


Fig. 5 – Esquema de aquisição da imagem em TC de 5ª Geração. Esquematização da arquitetura do *Electron Beam Tomography* (EBT).

Adaptado de:

http://s3.amazonaws.com/itriage/google_image_searches/34001438d06225151c910487c860700/original.gif?1269009508 e <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272638601004723>

5. Especificações do Equipamento

O equipamento utilizado para a realização dos exames cardíacos, foi um GE *LightSpeed Pro16*, que é um tomógrafo multicorte de arquitetura helicoidal de terceira geração (figura 6). Possui tempos de rotação da *gantry* de 0,3 (*scan* parcial), 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 01, 02, 03 e 04 segundos e uma



Fig. 6 – Equipamento *LightSpeed 16* da GE.

Disponível em:

http://img.tjskl.org.cn/pic/z2718d62300x3001/ge_lightspeed_ultra_sl_ice.jpg

matriz híbrida com um conjunto de 16 detetores de 0,625 milímetros (mm) na região central e dois conjuntos de quatro detetores, cada um de 1,25 mm nas regiões contíguas à central, permitindo múltiplas geometrias de aquisição, como podemos observar na figura 7.

Permite ainda, obter 16 cortes por rotação com colimação principal de 16 x 0,625 mm e 16 x 1,25 mm. Além disso, permite realizar as seguintes combinações de colimação: 2 x 0,63, 1 x 1,25, 1 x 5, 4 x 3,75, 8 x 1,25 e 8 x 2,5 modos de corte disponíveis (GE Medical System 2002).

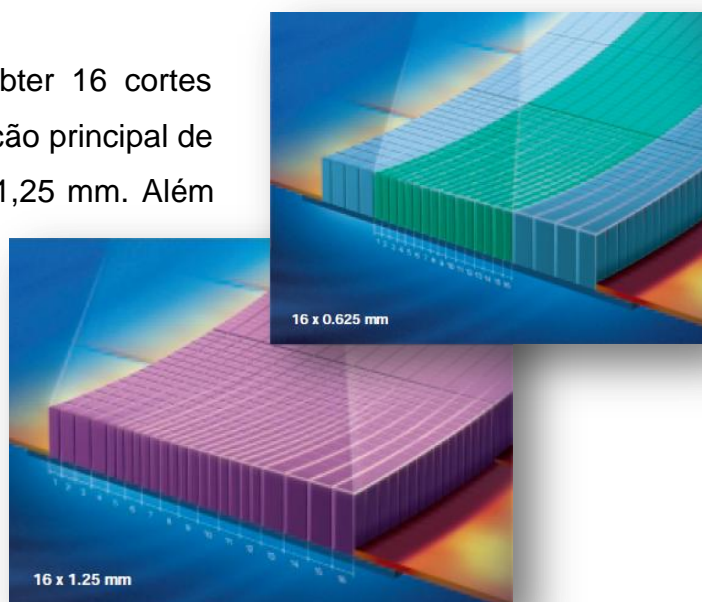


Fig. 7 – Variações da matriz de detetores.

Disponível em: <http://www.activexray.com/pdf/gelightspeed16.pdf>

É composto por 24 linhas paralelas de detetores, abrangendo 20 mm no eixo dos zz, no isocentro (Flohr, T. G. et al. 2005).

O equipamento está previamente programado com um vasto leque de protocolos, adaptados para cada exame, que podem ser alterados consoante o exame e o paciente. Neste caso específico, os protocolos para exames cardíacos estão programados consoante a frequência cardíaca, permitindo que sejam alterados alguns dos parâmetros de modo a melhorar as condições do exame e reduzir a dose de radiação para o paciente.

6. Resolução Espacial

Uma vez que as artérias coronárias, podem ter entre um mm de diâmetro nos ramos distais e quatro mm de diâmetro nos ramos mais proximais, é importante obter uma maior resolução espacial, na avaliação das artérias coronárias (Pannu, H. K. et al. 2003).

A resolução espacial é a capacidade que o equipamento tem de detetar estruturas com um elevado contraste e de dimensões muito pequenas, que por sua vez depende de vários parâmetros tais como: abertura do foco e dos colimadores, espessura do corte, algoritmo de reconstrução e fatores de exposição (Francesco, S. 2009).

A colimação, corresponde ao efeito do colimador à saída da ampola de forma a centrar o feixe da radiação nos detetores selecionados (Medeiros, J. 2009).

Com uma capacidade de colimação entre 0,5 e 0,75 mm, é passível uma aquisição de *voxels* quase isotrópicos isto é, uma resolução idêntica em todos os planos (x,y,z) (figura 8), o que permite

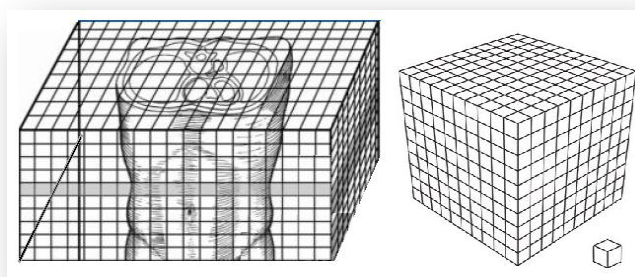


Fig. 8 – Representação de *Voxel* isotrópico. A matriz do volume define o número de *voxels* formando o volume.

Fonte: Cademartiri, F. et al. 2004.

Disponível em:

http://www.impactscan.org/presentations/Technical_Aspects_of_Cardiac_CT_Harefield2011.pdf

realizar reconstruções 3D, *Maximum Intensity Projection* (MIP) e *Multiplanar Projection Reconstruction* (MPR) (Cademartiri, F. et al. 2004).

O campo de visão (FOV) representa o tamanho da imagem que vai ser reconstruída (Figura 9).

Uma vez que a matriz da imagem é constante (512 x

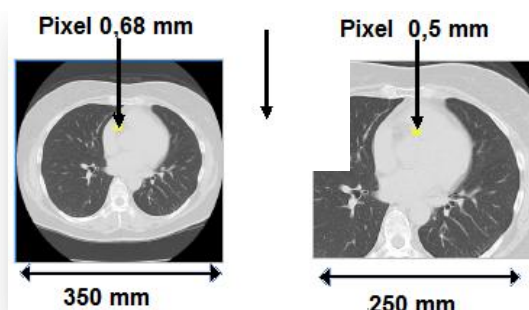


Fig. 9 – Diferentes tamanhos de FOV tem diferentes tamanhos de *Pixel*.

Disponível em:

http://www.impactscan.org/presentations/Technical_Aspects_of_Cardiac_CT_Harefield2011.pdf

512), um FOV grande corresponde a um *pixel* maior e, logo, a uma baixa resolução espacial. Desta forma o ideal seria uma combinação destes dois fatores como podemos observar na tabela 2 (Kroft, L. J. M. et al. 2007).

Os fatores de exposição correspondem à tensão da ampola expressa em quilovolts (kV) e a intensidade da corrente expressa em miliamperes por segundo (mA/s).

Os mA/s correspondem ao número de fótons produzidos para atravessar o corpo do paciente. Se os outros parâmetros se mantiverem constantes, um aumento da mA/s melhora a qualidade da imagem. Os kV representam a energia dos fótons. No entanto, de forma a diminuir a dose para o paciente sem comprometer a resolução espacial, o exame pode ser realizado com uma dose mais reduzida, utilizando protocolos com 80/100 kV e aumentando a mA/s (Kim, S. M. et al. 2008).

Tabela 2 – Otimização do tamanho do *Pixel* ($\text{Pixel} = \frac{\text{FOV}}{\text{Matriz}}$).

	FOV / Matriz	Tamanho do Pixel(mm)
350	350 / 512	0,68
250	250 / 512	0,5
100	100 / 512	0,2

Disponível em:

http://www.impactscan.org/presentations/Technical_Aspects_of_Cardiac_CT_Harefi_eld2011.pdf

Outro parâmetro que interfere na resolução espacial é o *pitch* que corresponde à deslocação da mesa durante a aquisição do exame (Figura 10). Se o *pitch* for igual a um,

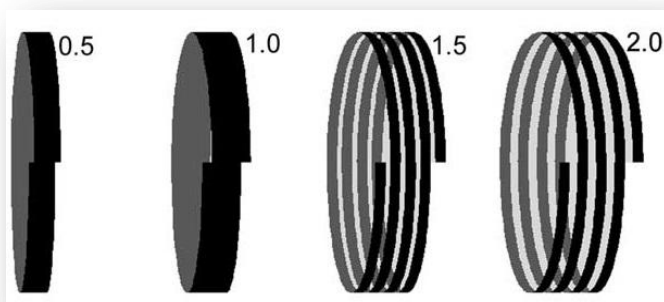


Fig. 10 – Esquematização de alguns valores do *pitch*.

Fonte: Cademartiri, F. et al. 2004.

significa que a mesa tem um avanço idêntico à espessura do corte numa rotação de 360° . Com um *pitch* superior a um é possível ter uma redução da dose, pois aumenta a cobertura no eixo dos ZZ numa única rotação.

Para um *pitch* inferior a um, o avanço da mesa é inferior que a espessura do corte, aumentando desta forma a resolução no eixo dos ZZ, o que é muito útil para as reconstruções 3D (Medeiros, J. 2009).

7. Resolução Temporal

A resolução temporal, é a quantidade de tempo que um equipamento leva a adquirir os dados necessários para reconstruir uma imagem. A resolução temporal na TC coronária, depende do tempo que a ampola leva a completar uma rotação da *gantry*. No entanto, pode ser melhorada, recorrendo a técnicas de reconstrução parcial, adaptadas aos protocolos do equipamento, para exames cardíacos e sincronismo eletrocardiográfico.

Na técnica de reconstrução parcial, as imagens são reconstruídas utilizando os dados adquiridos a partir da rotação da *gantry*, de aproximadamente 180°, mais o angulo do feixe de radiação que totaliza os 240° (Figura 11) (Primak, A. N. et al. 2006).

Utilizando algoritmos de reconstrução otimizados, os dados adquiridos ao longo dos 180° em geometria paralela, são extraídos

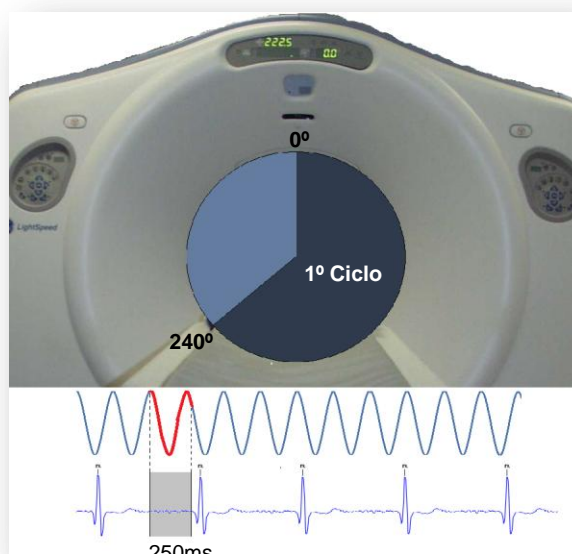


Fig. 11 – Representação da reconstrução parcial de dados, para uma FC entre 40-60bpm.

Adaptado de:
http://www.gehealthcare.com/gecommunity/tip_tv/subscribers/sup_material/supplement/1978.pdf

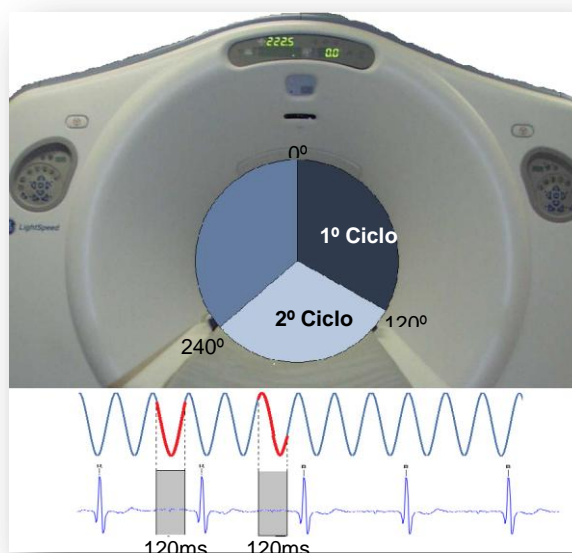


Fig. 12 – Representação da reconstrução parcial de dados, para uma FC entre 60-75bpm.

Adaptado de:
http://www.gehealthcare.com/gecommunity/tip_tv/subscribers/sup_material/supplement/1978.pdf

e reconstruídos melhorando a resolução temporal em metade do tempo de uma rotação da *gantry*. No caso de uma TCMC de 16 detetores com um tempo de rotação 420 ms, a resultante da resolução temporal é 210 ms (Hofman, M. H. K. 2005).

Esta resolução temporal resulta em pacientes com baixas FC, mas pode provocar o aparecimento de artefactos tais como, manchas, *stairstep* e perturbações quando estão presentes FC elevadas.

Este problema pode ser melhorado utilizando mais dados do que o de um ciclo cardíaco para reconstruir a imagem, isto é, os dados de um, dois ou mais ciclos consecutivos são utilizados, dependendo da frequência cardíaca (Figura 13). Quanto mais elevada for a frequência cardíaca, mais ciclos são utilizados (Pannu, H. K. et al. 2003).

O aumento da resolução temporal é inversamente proporcional à resolução espacial, o ideal será então haver um compromisso das duas.

Com a utilização desta técnica de reconstrução parcial, a resolução temporal depende do controlo da FC cardíaca, havendo a necessidade de utilizar técnicas de sincronismo eletrocardiográfico.

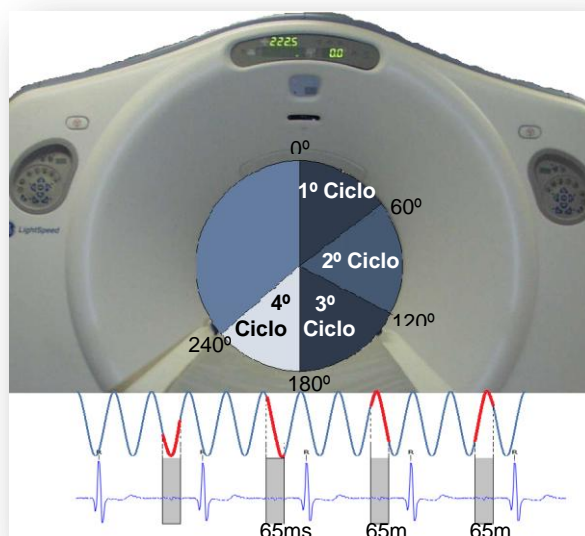


Fig. 13 – Representação da reconstrução parcial de dados, para uma FC entre 75-90bpm.

Adaptado de:

http://www.gehealthcare.com/gecommunity/tip_tv/subscribers/sup_material/supplement/1978.pdf

8. Sincronismo Eletrocardiográfico

O sincronismo eletrocardiográfico refere-se à simultânea aquisição do traçado eletrocardiográfico e às imagens da TC. Ao adquirir estas duas amostras de informação, as imagens da TC podem ser reconstruídas, utilizando apenas um segmento temporal, do período localizado entre o início de uma onda R a outra onda R (Rybicki, F. J. 2006).

Cada segmento temporal, do intervalo da onda R-R é denominado de fase do ciclo cardíaco. A nomenclatura típica de cada fase corresponde à percentagem numa fase específica do intervalo R-R (Pannu, H. K. et al. 2003).

O número de fases depende normalmente do fabricante dos equipamentos. Se o fabricante diz que o equipamento permite reconstruir 20 fases, significa que vai reconstruir nas fases 0%, 5%, 10%, até 95%, começando com uma onda R e terminando com a seguinte onda R (Figura 14).

O período de menor movimento do coração é na diástole entre uma fase 55% e 75% (Rybicki, F. J. 2006).

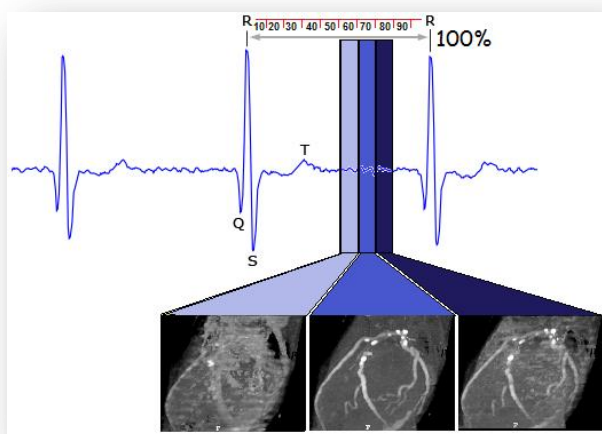


Fig. 14 – Reconstrução na fase 70%.
Fase que menos movimento apresenta.

No caso de pacientes com um ritmo irregular, como fibrilhação auricular, é necessário adotar outras estratégias para a realização do exame de forma a obter o mínimo movimento tais como, reconstruir apenas um pequeno número de fases em que o movimento seja mínimo. *Adaptado de: Earls, J.P. et al. 2008.*

O movimento do sistema arterial coronário difere do ramo direito para o esquerdo, sendo maior no ramo direito. As fases do ciclo cardíaco que apresentam um melhor diagnóstico, também diferem do ramo direito para o esquerdo, sendo necessário analisar mais do que uma fase de

modo a ser possível observar a extensão de uma artéria e seus ramos (Becker, C. R. et al. 2004).

Ao contrário dos outros órgãos, a imagem cardíaca por TC requer técnicas para diminuir os artefactos de movimento, para tal podem ser utilizadas duas técnicas de sincronismo: ECG prospetivo (aquisição sequencial) e ECG retrospectivo (aquisição volumétrica).

8.1. ECG Prospetivo

Com o ECG prospetivo o sinal da onda R é identificado e o exame decorre sobre uma parte finita



Fig. 15 – ECG prospetivo.

A realizada a aquisição de imagem apenas na fase de menor movimento cardíaco (diástole).

Adaptado de: Shuman, W. P. et al. 2008.

do intervalo R-R, geralmente na diástole uma vez que é o período em que o coração tem menor movimento (Shuman, W. P. et al. 2008).

Esta técnica é usada na aquisição de imagens para efetuar o cálculo de cálcio nas artérias coronárias. Tem como desvantagem a sensibilidade a artefactos de movimento cardíaco e pacientes com arritmias (Woodard, P. K. et al. 2006).

8.2. ECG Retrospectivo

Nesta técnica é efetuada uma aquisição de um volume e simultaneamente gravado o sinal eletrocardiográfico de todo o ciclo como podemos observar na figura 16.

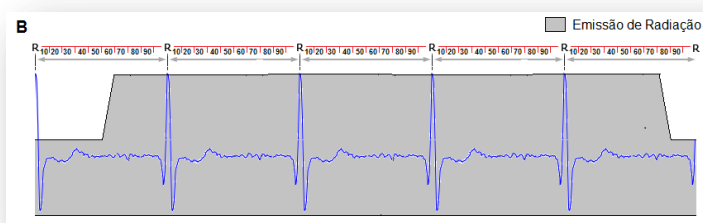


Fig. 16 – ECG retrospectivo sem modulação da corrente.

A ampola do Raio-X está a funcionar durante todo o ciclo cardíaco sem ajustamento da corrente.

Adaptado de: Shuman, W. P. et al. 2008.

Posteriormente, através da referência do sinal eletrocardiográfico, são reconstruídas as fases de interesse com o menor movimento possível. Uma vez que são apenas reconstruídas algumas das fases do ciclo cardíaco para o estudo das artérias coronárias, a radiação utilizada nas restantes fases acaba por ser desperdiçada, tornando-se uma das grandes desvantagens desta técnica, a dose de radiação para o paciente (Flohr, T. G. et al. 2003).

8.3. ECG Retrospectivo com Modulação da Corrente

Tendo em conta a problemática da dose de radiação, utilizando uma estratégia de modulação da corrente é possível reduzir, em grande parte, a radiação para o paciente.

Durante a realização do exame, a ampola permanece em funcionamento numa corrente mais baixa, e

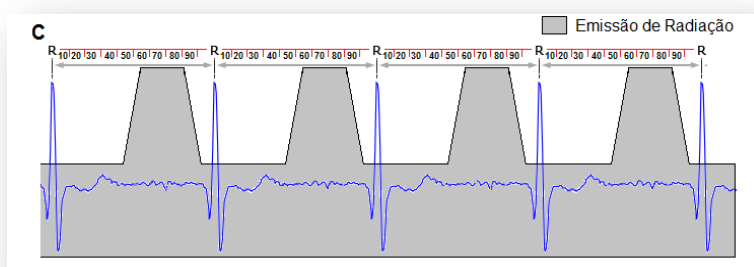


Fig. 17 – ECG retrospectivo com modulação da corrente.

Adaptado de: Shuman, W. P. et al. 2008.

aumenta sempre que se situa numa determinada fase do ciclo cardíaco como mostra a figura 17 (Becker, C. R. et al. 2004).

Este método pode reduzir a dose de radiação em 30 a 50%, dependendo da frequência cardíaca do paciente, sendo mais eficaz nas frequências cardíacas baixas (Woodard, P. K. et al. 2006).

9. Artefactos

Em tomografia computadorizada, o termo “artefacto” é definido como qualquer discrepância dos valores de reconstrução da imagem, e os coeficientes de atenuação reais do objeto (Kroft, L. J. M. et al. 2007). Todos os exames de TC requerem muito cuidado na programação e realização, de modo a evitar artefactos, sendo que uma das consequências dos artefactos é a repetição do exame aumentando assim, a dose de radiação a que o paciente é exposto.

São vários os fatores que podem criar artefactos neste tipo de exames se não houver cuidado por parte do técnico de radiologia. Podem ser condicionantes para a obtenção de um bom ou mau exame, uma incorreta/mal sucedida punção venosa ou uma má monitorização eletrocardiográfica (Kroft, L. J. M. et al. 2007).

Uma explicação pouco explícita ao paciente, sobre o processo do exame, pode provocar ansiedade que pode ser o suficiente

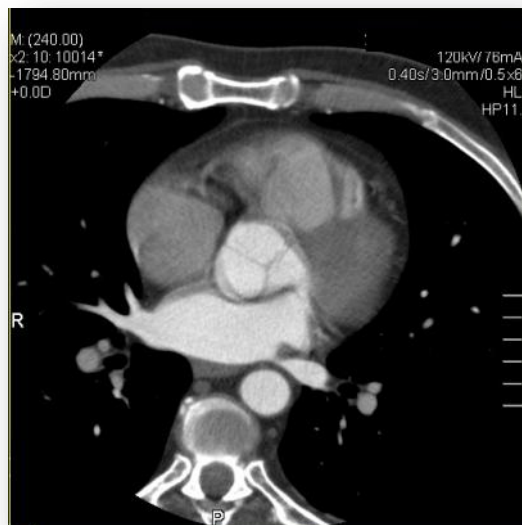


Fig. 18 – Artefacto de movimento devido a extrassístole.

Disponível em:
<http://emedicine.medscape.com/article/1603072-overview>

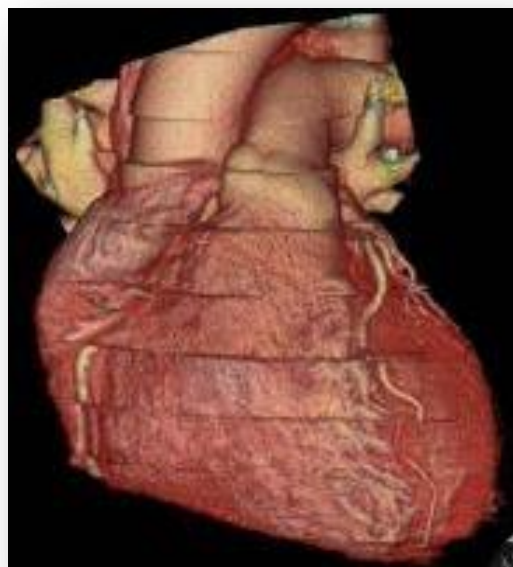


Fig. 19 – Artefacto *Stairstep*, acontece devido a um registo incorreto da fase, geralmente devido a um batimento cardíaco irregular, apresentando uma imagem em “escada”.

Disponível em:
<http://emedicine.medscape.com/article/1603072-overview>

para alterar a componente cardíaca. A escolha, dos tempos de apneia pode também ser relevante em vários aspetos nomeadamente, na criação de artefactos de movimento e alteração da componente cardíaca como se pode observar nas figuras 18 e 19 (Pannu, H. K. et al. 2003).

Os artefactos de *blooming* provocam um aumento de estruturas de grande contraste, como é o caso dos *stents* e cálcio, tornando-os maiores do que realmente são (Figura 20). Este realce pode ser reduzido utilizando filtros de *kernel* que podem ser úteis para avaliar um lúmen do stent (Jones, C. M. et al. 2008).

Existem ainda, outros tipos de artefactos causados direta ou indiretamente pelo paciente tais como, pacientes com *pace-maker* ou com elevamento da hemicúpula diafragmática direita e pacientes obesos ou com incapacidade em realizar a apneia.

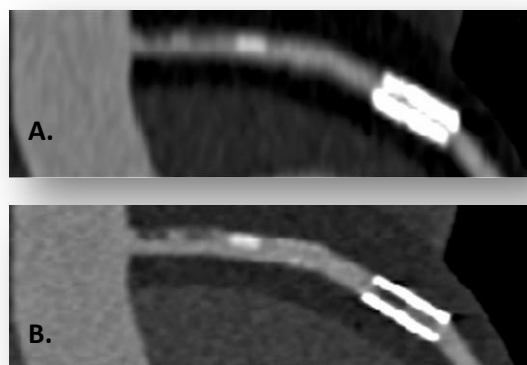


Fig. 20 – Artefacto de *Blooming*.

Na imagem A é possível observar um aumento do *stent* limitando a análise do lúmen da artéria enquanto que na imagem B já é possível observar o lúmen da artéria, devido a utilização de filtros.

Disponível em: Flohr, T. G. et al. 2003.

10. Dose de Radiação

Um dos motivos de grande discussão na angio TC coronária é a elevada dose de radiação para o paciente, estimando-se que uma em cada 270 mulheres e um em cada 600 homens submetidos a uma angio TC coronária, até aos 40 anos, poderão desenvolver um cancro devido a este exame. No entanto, estes números não levam em conta os recentes desenvolvimentos tecnológicos que podem diminuir significativamente a dose de radiação (Bidman, R. S. et al. 2009).

Contudo a dose de radiação para o paciente num estudo cardíaco por TC pode ser variável, dependendo do equipamento e das técnicas utilizadas. No caso de um estudo que utilize uma técnica prospetiva, pode reduzir a dose de radiação e o risco de cancro em 80%, em comparação com uma técnica retrospectiva (Huang, B. et al. 2010).

Como podemos observar na tabela 5, segundo vários autores, utilizando uma técnica de sincronismo eletrocardiográfico retrospectivo o valor da dose pode variar entre os seguintes valores.

Tabela 3 – Dose de Radiação Com e Sem Sincronismo Eletrocardiográfico

Autores	Scanner	ECG Retrospectivo Sem Modulação da Corrente	ECG Retrospectivo Com Modulação da Corrente
Flohr	16 detetores	5,7 – 10,5 mSv	2,9 – 7,4 mSv
Trabold	16 detetores	8,1 – 10,9 mSv	4,3 – 5,6 mSv

Adaptado de: Earls, J.P. et al. 2008.

10.1. Enquadramento Legal Das Doses Em Portugal

Em Portugal, a legislação obriga à monitorização de trabalhadores de Categoria A, expostos a radiações ionizantes através de dosímetros de corpo inteiro e extremidades, sendo que os de extremidades são apenas obrigatórios se as autoridades de controlo considerarem necessário (Portugal, Ministério da Saúde, Decreto-Lei nº180/2002, de 8 de Agosto).

Com base na legislação nacional (Portugal, Ministério da Saúde, Decreto Regulamentar nº 9/90, de 14 de Abril) e da Comunidade Europeia, foram elaboradas as tabelas 3 e 4, (Directiva Europeia 96/29/EURATOM, de 13 de Maio de 1996) onde estão definidos os limites de exposição às radiações ionizantes para profissionais, assim como, para membros do público.

Os limites destas doses foram criados pela recomendação do ICRP (1990 *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Pergamon – Oxford, 1991 (ICRP 60)) baseados em estudos dos efeitos biológicos da exposição à radiação nos desastres nucleares de Hiroshima e Nagasaki e o acidente de Chernobyl. Embora a legislação nacional não siga à regra os limites de dose atuais, definidos pela diretiva europeia 96/29/EURATOM, os limites que estão em vigor são aceites como os limites a cumprir.

Tabela 4 – Limites das Doses para os Profissionais Expostos

Dose Efetiva		100 mSv para 5 anos 50 mSv num único 1 ano
Dose Equivalente	Extremidade e Pele	500 mSv/ano
	Cristalino	150 mSv/ano

Fonte: Portugal, Ministério da Saúde, *Diário da República*, 1.ª série — N.º 223 — 17 de Novembro de 2008; Directiva Europeia 96/29/EURATOM, de 13 de Maio de 1996; Decreto Regulamentar nº 9/90, de 14 de Abril.

Tabela 5 – Limites de Doses para os Membros do Público

Dose Efetiva		1 mSv/ano *
Dose Equivalente	Extremidade e Pele	50 mSv/ano *
	Cristalino	15 mSv/ano *

* Excecionalmente poderá receber até cinco mSv num único ano desde que a dose média em 5 anos consecutivos não exceda um mSv.

Fonte: Portugal, Ministério da Saúde, *Diário da República*, 1.ª série — N.º 223 — 17 de Novembro de 2008; Directiva Europeia 96/29/EURATOM, de 13 de Maio de 1996; Decreto Regulamentar nº 9/90, de 14 de Abril.

10.2. Doses Versus Qualidade De Imagem

Com o aumento da utilização da TC desde há mais de quatro décadas, consequentemente aumentou a exposição dos pacientes à radiação ionizante (Bidman, R. S. et al. 2009).

A dose absorvida resultante dos exames de TC para fins médicos, constitui um problema de saúde pública, sendo que a otimização das doses a que estão expostos os pacientes em exames de TC, é um dos princípios básicos da proteção radiológica.

Em TC, a dose absorvida depende de dois fatores muito importantes, a corrente da ampola (mA/s) e a tensão elétrica (Kv). Estes dois parâmetros podem ser alterados de forma a adequar as doses dos exames aos pacientes, obtendo-se assim imagens adequadas para um bom diagnóstico (Flohr, T. G. 2005).

Outro parâmetro que interfere com a dose de radiação é, a espessura do corte que, no caso de estudos coronários em que temos estruturas muito pequenas, pode variar de um mm até cortes sub-milimétricos, logo, as doses terão um aumento significativo, aumentando também a dose para o paciente.

O último parâmetro que interfere com as doses de radiação para a realização de uma TC é o *pitch*. O aumento do *pitch* aumenta a velocidade da mesa, reduz a dose e o tempo do exame, mas vai

aumentar o ruído diminuindo a resolução da imagem (Trabold, T. et al. 2003).

A dose de radiação transmitida ao paciente é um elemento imprescindível no planejamento e na avaliação de todo o processo que leva à formação da imagem da TC, uma vez que constitui o principal fator limitante da qualidade no que se refere à resolução espacial e ao ruído (Sun, Z. 2010a).

Este aspecto é de tal forma importante que, efetivamente o que se procura não é a qualidade da imagem mas sim a qualidade de diagnóstico. Assim, o processo imagiológico deve garantir uma imagem de qualidade suficiente com a mínima dose possível.

O fato de haver várias variáveis interligadas, leva a que o próprio conceito de qualidade diagnóstica, esteja dependente da aplicação de um determinado protocolo de aquisição com o objetivo de obter a qualidade necessária com a mínima dose possível. Daí, a existência de um grande número de protocolos de aquisição pré-definidos dependendo do equipamento, da aplicação clínica, da forma e do tamanho da região anatômica sob análise e até mesmo do próprio paciente (Martuscelli, E. et al. 2004).

11. Indicações e Contra Indicações

Atualmente a TC coronária está indicada num número limitado de situações clínicas nomeadamente, na avaliação de dor torácica aguda (em pacientes de médio risco), na avaliação das artérias coronárias de pacientes com início de insuficiência cardíaca (para investigar a etiologia), na suspeita de anomalia coronária, na avaliação de cardiopatias congêntas complexas, na investigação de dor torácica em pacientes incapazes de realizar exercício físico, na avaliação de doença aterosclerótica coronária e quantificação de cálcio coronário (em pacientes assintomáticos de médio risco para estratificação), na avaliação de massa cardíaca (tumor ou trombo) e na avaliação de pericardiopatias e da função cardíaca (Nomura, C. H. et al. 2011).

No entanto, a TC cardíaca é ainda limitada e a técnica falha em casos de arritmia persistente, extrassístoles frequentes e graves calcificações segmentares que, podem ocorrer com bastante frequência quer sozinhas ou em combinação, em populações idosas com idade superior a 70 anos, onde a incidência de doença coronária sintomática é mais frequente (Feyter, P. J. et al. 2007).

12. Nitroglicerina

A nitroglicerina pertence ao grupo dos nitratos orgânicos, com uma ação relaxante do músculo liso, sendo um vasodilatador, anti anginoso indicado no alívio de ataques agudos de angina do peito assim como, na angina vasoespástica e na cardiopatia isquêmica

Está contra indicado à hipersensibilidade da substância ativa, (nitroglicerina) casos de hipotonia essencial, colapso vascular (insuficiência circulatória aguda), choque ou a qualquer um dos excipientes.

A nitroglicerina administrada per os, é absorvida pela mucosa bucal, sendo que a ação farmacológica inicia ao fim de dois a três minutos, com uma duração de 10 a 15 minutos sendo que, após 30 minutos metade da substancia ativa é eliminada (Deglin, J.H. et al. 2001).

A administração de nitroglicerina em conjunto com outros medicamentos, nomeadamente outros vasodilatadores, antagonistas dos canais de cálcio, β -bloqueantes adrenérgicos, diuréticos, anti hipertensores e preparações de ergotamina assim como, em conjunto com o álcool podem, despoletar uma ação hipotensora. Não exceder os 10 comprimidos diários. No caso de sobredosagem, os sintomas descritos são: tonturas, colapso vascular, dores de cabeça, dores intestinais, eventualmente também cianose devido a metahemoglobinémia.

Aconselha-se, no caso de sobredosagem, a ativação da circulação sanguínea, através da colocação do paciente na posição de *trendelenburg*, administração de glicosídeos cardíacos, hipertónicos (noradrenalina, adrenalina, etc.) (Lopes, M. S. et al. 2012).

13. β -Bloqueantes Cardíacos

Os β -bloqueantes ou β -antagonistas são um grupo de fármacos que têm em comum a capacidade de antagonizar os recetores da noradrenalina. São considerados anti hipertensores eficazes, no entanto, são utilizados particularmente como antiarrítmicos e na proteção cardíaca após enfarte do miocárdio (Deglin, J.H. et al. 2001).

Uma parte essencial da realização de uma TCC com êxito é a otimização da frequência cardíaca do paciente de modo a limitar artefactos de movimento nas artérias coronárias. Nos pacientes que não têm como rotina a utilização de β -bloqueantes, a administração de metoprolol antes do exame pode ser essencial (Gerber, T. C. et al. 2006).

Devido às limitações tecnológicas e à necessidade de uma baixa e regular FC, a utilização deste fármaco pode fazer a diferença de um bom para um mau exame e posteriormente um bom ou mau diagnóstico.

A tabela seis padroniza o método de utilização dos β -bloqueantes para a realização de estudos cardíacos por tomografia computadorizada.

Tabela 6 – Protocolo de Administração de β -Bloqueante

Protocolo	Parâmetros	Ações
Avaliar a necessidade de administração de β – Bloqueantes	Se FC < 65 bpm e regular ou < 60 bpm e irregular.	Não administrar β -Bloqueante.
	Se FC é > 60 bpm ou > 65 bpm e irregular.	Verificar contra indicações para administrar β -Bloqueante.
Contra indicações para a administração de β -Bloqueantes	Se qualquer uma das seguintes condições: - FC < 60 bpm; - Pressão arterial sistólica <100 mmHg; - Insuficiência cardíaca descompensada; - Alergia ao β -Bloqueante; - Asma ou DPOC em β 2-agonista de inalador; - Broncospasmo ativo; - Bloqueio atrioventricular de segundo ou terceiro grau; - Pacientes grávidas.	Não administrar β -Bloqueantes.
	Se as condições acima estão ausentes.	Administrar metoprolol oral.
Administrar Metoprolol	Se administrar metoprolol oral.	Administrar uma dose de 50 mg de metoprolol por via oral. (O paciente é monitorizado durante 1 hora, sendo a FC avaliada a cada 15 minutos. Se a FC permanecer elevada, administrar mais 50 mg de metoprolol e reavaliar após 15 minutos, até um máximo de 200 mg. Se após 60 min a FC do paciente permanecer acima de 65 bpm, é praticado com o

		paciente uma manobra de inspiração e sustentação (valsava) durante 15 segundos para verificar se há qualquer alteração. Se a frequência cardíaca permanecer elevada, administrar metoprolol IV.)
	Se administrar metoprolol IV.	Administrar uma dose de cinco mg de metoprolol via endovenosa. (Cinco minutos depois é administrada outra dose de cinco mg, esperamos mais cinco minutos e por fim administrar outra dose de cinco mg até perfazer uma dose máxima total de 20 mg.) A pressão arterial e a frequência cardíaca são verificadas antes da administração de cada dose IV.
Cuidados após o procedimento	<ul style="list-style-type: none"> - Se apenas uma dose de metoprolol por via oral foi administrada. - Se for administrado metoprolol IV. - Se FC < 45 bpm. - Se ocorrer broncoespasmo. 	<p>Não é necessária a continuação da observação do paciente após o exame podendo este abandonar o serviço.</p> <p>Continuar a observação do paciente durante 30 minutos.</p> <p>Administrar atropina.</p> <p>Administrar inalador de β-agonista.</p>
Vantagens no uso de β-Bloqueantes para a realização de exames cardíacos por TCMC	<ul style="list-style-type: none"> - Menos artefactos de movimento cardíaco; - Melhor controlo cardíaco do paciente; - Melhor visualização vascular; - Menor exposição à radiação. 	

14. Contraste Iodado e Reações ao Contraste

14.1. Contraste Iodado

O contraste utilizado neste exame é um contraste de baixa osmolaridade composto por moléculas orgânicas não-iônicas.

Após a administração intravenosa (IV) do contraste iodado a difusão decorre entre dois a cinco minutos depois, sendo que cerca de 70 % da dose injetada passa do plasma para o espaço intersticial.

As moléculas do contraste não são metabolizadas antes da sua eliminação, sendo a sua principal via de eliminação a renal (99 %). Após a administração intravascular, ocorre eliminação contínua do plasma para a urina através de filtração glomerular, sem reabsorção tubular (Santos, A. P. et al. 2009).

Apenas um por cento do contraste apresenta excreção extra-renal (biliar, lacrimal, sudorípara) verificando-se maior expressão da eliminação hepática nos casos de insuficiência renal grave. Se a função renal for normal, a semi-vida do produto de contraste iodado (PCI) é de cerca de duas horas, sendo que em quatro horas, 75% da dose administrada já foi eliminada e em 24 horas, 98% do contraste já foi eliminado. Se houver insuficiência renal, com taxa de filtração glomerular reduzida, a excreção pode prolongar-se por semanas, ganhando relevância a eliminação extra renal, principalmente biliar e intestinal (Santos, A. P. et al. 2009).

Dependendo da idade do paciente, peso, sintomas e a finalidade do exame, a dose pode ser ajustada (Juchem, B. C. et al. 2004). Em caso de administração de múltiplas doses, não deve ser excedida uma dose total de 250 ml. O uso de contraste iodado neste tipo de exame, é seguido da administração de uma solução salina com o objetivo de evitar a densa opacificação das câmaras direitas do coração e subseqüentes artefactos que podem limitar a interpretação dos dados (Rybicki, F. J. 2006).

Reações adversas aos contrastes iodados são situações que podem ocorrer durante o trabalho nas unidades de imagiologia, apresentando-se sob a forma de reações leves a reações graves, pondo

em risco a vida do paciente. Estudos internacionais indicam que esses eventos ocorrem entre 0,2 e 12,7% das administrações de contraste, dependendo do tipo e características da substância radiopaca administrada (Juchem, B. C. et al. 2007).

14.2. Contraindicações ao Contraste

Regra geral o contraste iodado está contra indicado em alguns casos. No entanto, se a utilização do contraste iodado é considerada essencial, deve ser administrado com cuidado (Santos, A. P. et al. 2009).

Seguem-se em baixo, alguns casos em que a utilização destes contrastes está contra indicada:

- 1.** Antecedentes de hipersensibilidade ao iodo ou meios de contraste iodados;
 - 2.** Tiroideopatia grave (os sintomas podem ser agravados devido a alterações na função da glândula tireóidea porque pode aumentar a concentração de iodo na referida glândula);
 - 3.** Asma brônquica;
 - 4.** Distúrbio grave da função cardíaca (pode ser prejudicada devido a deterioração hemodinâmica);
 - 5.** Distúrbio grave da função hepática;
 - 6.** Distúrbio grave da função renal (o contraste é eliminado principalmente através dos rins. A excreção pode ser retardada e função renal ser comprometida);
 - 7.** Macroglobinemia;
 - 8.** Mieloma múltiplo;
 - 9.** Feocromocitoma (venografia adrenal deve ser evitada devido ao aumento na pressão arterial, taquicardia, arritmias ou outros sintomas que possam ocorrer).
-

14.3. Reações Adversas ao Contraste

Apesar dos grandes avanços na síntese dos PCI, à medida que aumentou a sua utilização, as reações aos contrastes aumentaram também inevitavelmente.

Os pacientes devem ser cuidadosamente observados, uma vez que os sintomas de hipersensibilidade mesmo que leves, podem surgir e evoluir para sintomas graves e no caso de tais sintomas surgirem, devem ser tomadas medidas adequadas imediatamente (Juchem, B. C. et al. 2004).

Estas são algumas das reações adversas ao contraste referidas, após administração IV:

Síncope, perda de consciência, dispneia, paragem cardiorrespiratória, reações anafiláticas tais como, dispneia ou edema laringofaríngeo, edema pulmonar, fibrilhação ventricular e espasmo da artéria coronária, disfunções da artéria hepática, disfunções cerebrovasculares, convulsões e paralisia (Santos, A. P. et al. 2009).

Desta forma, é importante efetuar uma anamnese do paciente antes de se administrar qualquer produto de contraste iodado. É então, também de grande importância conhecer os tipos de reações adversas para atuar perante cada um delas.

Seria então de alguma relevância, que todos os serviços tivessem um protocolo de atuação para que, perante reações adversas aos PCI, o técnico de radiologia saiba sempre como atuar em cada uma das situações.

A tabela seguinte, é um exemplo de uma tabela que diferencia as reações adversas aos contrastes e que ajuda a atuar em cada caso.

Tabela 7 – Exemplo de um protocolo de um serviço de TC

GRAU	SINTOMAS	TERAPEUTICA
I	<p>Manifestações cutâneo-mucosas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prurido, eritema, urticária localizada ou generalizada e angioedema. <p>Manifestações gastrointestinais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Náuseas e/ou vômitos. 	<p>CONTACTAR ANESTESIA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interromper administração de contraste e fármacos; - Oxigênio por máscara (2-4 l/min); - Monitorização cardíaca; - Hidroxizina 1 ampola IV se sintomas persistentes e intensos; - Hidrocortisona 1 a 3 mg/kg IV; - Metoclopramida 10 mg IV se vômitos persistentes.
II	<p>Manifestações cutâneo-mucosas associadas a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sinais cardiovasculares: Hipotensão arterial (Pressão arterial sistólica > 60 e < 90 mmHg). - Sinais respiratórios: Tosse; Taquipneia; Dispneia. 	<p>CONTACTAR ANESTESIA</p> <p><u>MEDIDAS GERAIS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Interromper administração de contraste e fármacos; - Oxigênio por máscara (6-10 l/min); - Monitorização cardíaca; - Hidroxizina 1 ampola IV se sintomas persistentes e intensos; - Hidrocortisona 2 a 4 mg/kg IV <p><u>SITUAÇÕES ESPECÍFICAS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Se broncospasmo ligeiro: Salbutamol – 2 Inalações. - Se hipotensão: Elevação membros inferiores; Expansão volêmica: Lactato de Ringer 500 a 1000 ml rápido.
III	<p>Colapso cardiovascular: Pressão arterial sistólica < 60 mmHg; Taquicardia ou bradicardia.</p> <p>Sinais respiratórios graves: Broncospasmo grave; Edema da glote.</p> <p>Sinais neurológicos: Perda de conhecimento sem paragem cardiorrespiratória; Crise convulsiva.</p>	<p>CONTACTAR ANESTESIA</p> <p><u>MEDIDAS GERAIS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Interromper administração de contraste e fármacos; - Oxigênio por máscara (6-10 l/min); - Monitorização cardíaca (carro de reanimação); - Expansão volêmica: Lactato de Ringer 500 a 1000 ml – rápido; - Adrenalina subcutânea (1:1000): 0,5 mg, a cada 1-2 min se necessário até 2 mg; - Hidrocortisona IV: 2 a 4 mg/kg. <p><u>SITUAÇÕES ESPECÍFICAS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Se Bradicardia < 50 bpm: Atropina IV: 0,5 mg (1 ampola), a cada 3-5 min se necessário até 3 mg. - Se Edema da glote: Considerar IOT + cricoidectomia (anestesia). - Se Crise convulsiva: Diazepam IV: 5 a 10 mg; Tiopental IV: 1 a 1,5 mg/kg.

IV	Falência cardiorrespiratória: Paragem respiratória e/ou Ausência de pulso carotídeo e femoral.	CONTACTAR ANESTESIA <u>MEDIDAS GERAIS</u> - Interromper administração de contraste e fármacos; - Monitorização cardíaca (carro de reanimação) - avaliar necessidade de desfibrilhação; - Expansão volémica: Lactato de Ringer 1.000 ml – rápido; - Protocolo Suporte Básico e Avançado de Vida.
----	--	--

Adaptado de: Santos, A. P. et al. 2009.

Embora o uso profilático de corticoides em pacientes de alto risco seja controverso, no caso de doentes com asma, alergias e insuficientes renais pode ser a solução, quando o uso de PCI é mesmo essencial e não existe contraindicação clínica para o uso de corticoides (Juchem, B. C. et al. 2004).

Deve-se ter sempre presente que em qualquer situação de uso IV de PCI, se deva administrar a menor dose e concentração possível (Freed, K. S. et al. 2001).

15. Limitações da Técnica

Apesar do significativo avanço tecnológico e, embora esta técnica não seja recente, ainda existem algumas limitações na realização deste tipo de exames. Pacientes com frequências cardíacas irregulares ou elevadas (arritmias, extrassístoles, fibrilhação arterial, taquicardia) impedem posteriormente a reconstrução de imagens das artérias coronárias.

As calcificações arteriais obscurecem o lúmen subjacente dificultando a detecção de estenoses. A diminuição da frequência cardíaca com recurso a medicação oral ou intravenosa de β -bloqueantes é um problema, devido às contraindicações do fármaco, impossibilitando assim, alguns pacientes de realizarem este exame (Nomura, C. H. et al. 2011).

A frequência cardíaca maior que 70 bpm pode estar associada a artefactos de movimentos cardíacos ou imagens pouco nítidas, porque o tempo de reconstrução na fase final da diástole pode não ser suficiente para reconstrução das imagens (Feyter, P. J. et al. 2007).

Havendo a necessidade de administração de PCI's, que normalmente é seguro, pode no entanto causar efeitos adversos, o que limita esta técnica como meio de diagnóstico da DAC.

Outra limitação encontra-se nos próprios equipamentos relativamente à resolução espacial e temporal, quando comparados com outros (Martuscelli, E. et al. 2004).

A distribuição do produto de contraste nas artérias coronárias constitui uma das principais dificuldades, quando estamos na presença de extensa calcificação das artérias coronárias diminuindo a acuidade da sua avaliação. (Serra, D. et al. 2009).

16. Procedimentos

16.1. Preparação Previa do Paciente para o Exame

- O paciente deve ser informado, para realizar um jejum de pelo menos quatro horas antes do exame (Anexo II);
- No caso de ser diabético deve fazer um jejum de duas horas;
- Deve continuar a realizar a medicação habitual do domicílio;
- Não deve consumir substâncias com cafeína pelo menos até 12 horas antes do exame;
- Não deve realizar exercício cardiovascular no próprio dia.
- O paciente deve ler, responder e assinar o consentimento informado referente ao exame em questão (Anexo III);

16.2. Preparação da Sala de TC

Existem alguns procedimentos que se devem ter em conta antes de iniciar o exame, nomeadamente:

- Verificar a temperatura da sala, confirmando se o ar condicionado está ligado para ajudar ao arrefecimento do equipamento;
- Confirmar se a bandeja com o material necessário para o exame está preparada (Figura 21);
- Verificar se o injetor está preparado e não é necessário trocar nenhum dos frascos de contraste ou soro fisiológico (NaCl).

16.3. Procedimentos na Execução do Exame

1. São avaliados alguns dos sinais vitais do paciente tais como, TA e FC, cujos valores indicarão, se não houver nenhuma contra indicação, se o paciente é medicado com uma dose de 50/100 mg de
-

metoprolol, administrado por via oral, 45-60 minutos antes do exame se a FC em repouso for superior a 60bpm;

2. É pedido ao paciente para se deitar na mesa em decúbito dorsal, *feet first*, efetuando uma elevação dos braços acima da cabeça sem encostar na *gantry*;

Nota: é adotada esta posição porque no caso de alguma emergência a via aérea do paciente está mais acessível assim como o acesso venoso.

3. É realizada uma tricotomia no tórax do paciente com uma área de dois centímetros nas áreas de aplicação dos elétrodos. A pele nestas zonas deve ser limpa e desprovida de gordura de modo a que os elétrodos de monitorização cardíaca adiram bem à pele *Left Arm, Left Leg e Right Arm* (LA, LL e RA);

4. São aplicados óculos nasais para administração de oxigénio a três ou quatro litros por minutos e administrados 0,5 mg de nitroglicerina sublingual ao paciente;

5. A zona do sangradouro do braço direito é desinfetada e canalizada uma veia com um cateter venoso 18G, para administração de contraste não iónico (Iomeron ou Visipac 320) e outros fármacos necessários para a realização do exame (metoprolol; hidrocortisona; NaCl);

6. É aplicada uma injeção IV de 50 ml de NaCl a alta pressão, para analisar a permeabilidade da veia. Durante a injeção deve-se perguntar ao paciente se sente alguma dor na zona da punção;

7. Durante os procedimentos deve-se ir explicando ao paciente algumas das etapas do exame para que este se sinta mais confortável e menos ansioso, sempre com o cuidado de ir analisando os valores de monitorização cardíaca de modo a verificar se existe alguma alteração do, mesmo assim como, extrassístoles, arritmia e taquicardia;

8. Deve-se treinar com o paciente e ser-lhe explicado a importância da inspiração durante o exame das sequências e do tempo das apneias;

9. Pede-se ao paciente, “por favor encha o peito com ar e não respire”, durante pelo menos 10 segundos e durante esse tempo, é analisado o traçado cardíaco do paciente. Consoante for a resposta à apneia inspiratória assim será a abordagem durante o exame de forma a minimizar os artefactos de movimento cardíaco;

10. Deve-se explicar ao paciente que, durante a injeção do contraste irá sentir calor por todo o corpo. Esta sensação é o contraste a preencher as zonas mais vascularizadas do corpo, e poderá sentir um sabor metálico na boca, sendo estas reações perfeitamente normais do contraste;

11. Por fim, o paciente é alinhado com a linha médio sagital e linha média axilar na fúrcula esternal, de modo a marcar o isocentro.

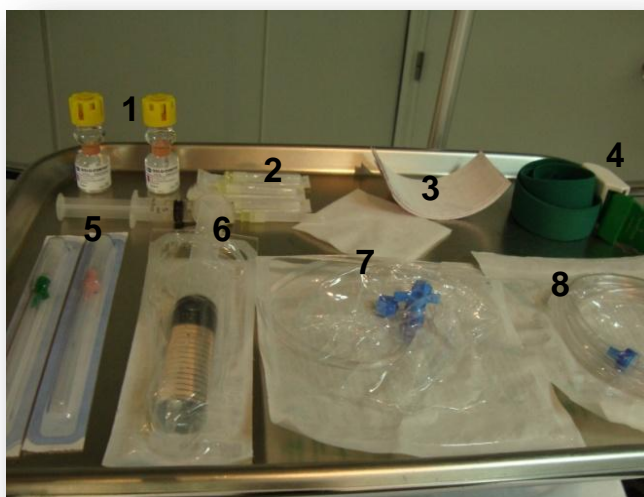


Fig. 21 – Bandeja de trabalho com o material:

- 1 – Ampolas de hidrocortisona;
- 2 – Seringa e agulhas para a preparação e administração da hidrocortisona;
- 3 – Adesivos;
- 4 – Garrote;
- 5 – Cateter venoso 22G e 18G;
- 6 – Seringa com 100 ml de NaCl;
- 7 – Prolongamento do injetor;
- 8 – Adaptador do prolongamento.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

17. Programação do Exame

São adquiridos dois topogramas em apneia inspiratória, para planificação do exame.



Fig. 22 – Topogramas de Planificação do Exame TC Cardíaco.

17.1. Smartscore

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

Técnica não invasiva de visualização, medição e cálculo dos níveis de calcificação das artérias coronárias.

- Os cortes são programados um centímetro abaixo da carina até ao ápex cardíaco, como podemos observar na figura 23;

- É uma sequência que não necessita de contraste, realizada com doses baixas (120 Kv e 200 mAs), com um sincronismo electrocardiográfico prospectivo onde são efetuados cortes de cinco mm de espessura. Esta sequência dura nove segundos, durante os quais o paciente deve manter apneia inspiratória.

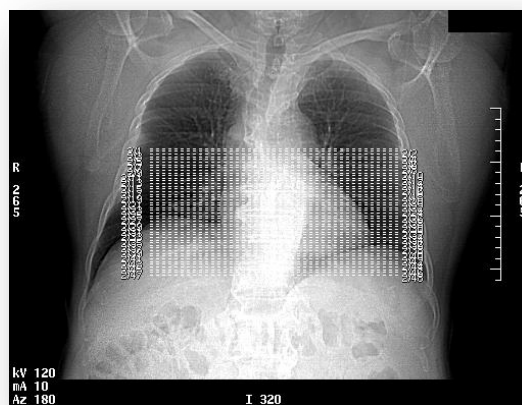


Fig. 23 – Topograma com planificação dos cortes.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

17.2. Time Bólus

Para sincronizar o início do varrimento com a chegada do PCI em tempo real, é utilizada a técnica do *Time Bólus*. Esta técnica baseia-se no cálculo do tempo que o contraste demora a chegar à raiz da artéria aorta com aquisição de imagens dinâmicas com doses baixas (120 kV e 40mAs) ao nível da região de interesse.



Fig. 24 – Topograma de marcação do *Time Bólus*.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

- Para programar esta sequência vamos colocar o localizador um cm abaixo da carina, na raiz da aorta como podemos observar na figura 24;
- É programado o injetor com os valores da tabela 8 e utilizando para o *Time Bólus* a Sequência 1;

Tabela 8 – Valores de Programação do Injetor Automático

SEQUÊNCIA	Volume PCI (ml)	Volume NaCl (ml)	Débito (ml/s)	Tempo de Inj. Por Sequência (s)
1	20	20	4,0	10,0
2	100	50	4,0	37,5

- A aquisição da imagem é feita em apneia inspiratória e realizada em simultâneo com o injetor;

- Durante cinco segundos vão ser injetados 20 ml de contraste a um débito de quatro ml/s. Concluída esta fase, inicia-se automaticamente mais cinco segundos em que vão ser injetados mais 20 ml de NaCl a um débito de quatro ml/s, o que perfaz os 10 segundos da sequência de *Time Bólus*, durante os quais vão ser adquiridas oito imagens da raiz da aorta, nas várias fases de preenchimento de contraste e lavagem, como se pode observar na figura 25;

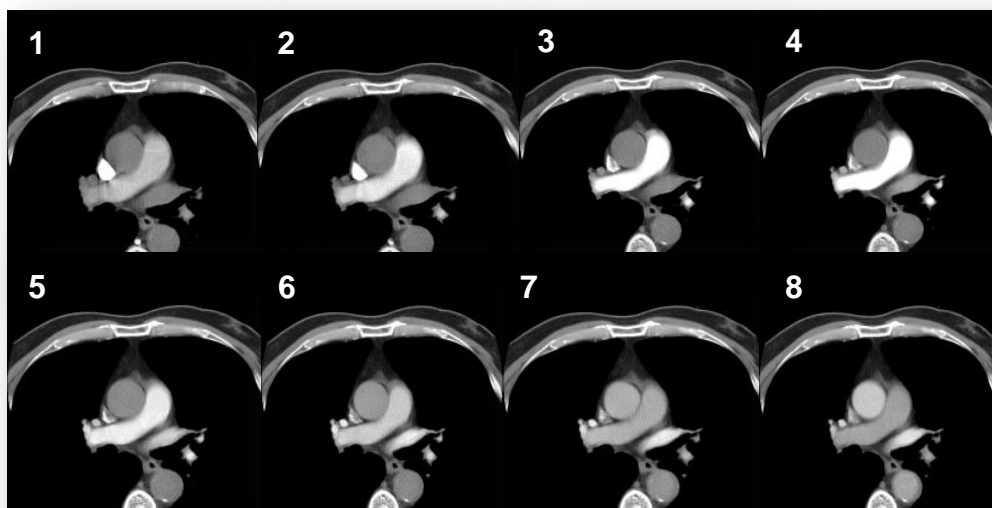


Fig. 25 – Sequência de imagens do *Time Bólus*.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

- O *Multiple Image Region of Interest* (MIROI) é colocado na raiz da artéria aorta, como se pode observar na figura 26, onde é efetuado um cálculo do tempo em segundos do ponto máximo de preenchimento da raiz da aorta, como se pode observar no gráfico um, ao qual vamos adicionar um *delay* de 10 segundos que corresponde ao



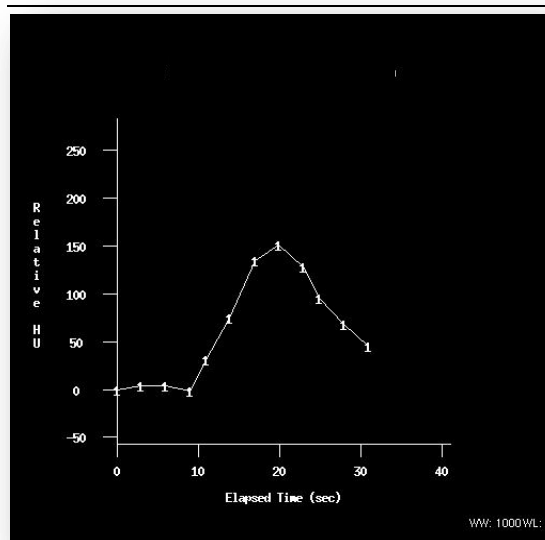
Fig. 26 – MIROI na raiz da artéria aorta.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

tempo em que se pede ao paciente para realizar apneia inspiratória.

É o tempo necessário para que quando se começa a adquirir as imagens, o ritmo cardíaco esteja estável e propício para a realização desta sequência.

Gráfico 1 – Time Bólus



Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

17.3. Snapshot

É a aquisição das imagens do coração em movimento, através do sincronismo eletrocardiográfico retrospectivo com modulação da corrente.

A escolha do protocolo do exame vai depender da FC do paciente, no momento de aquisição das imagens (Tabela 9).

Tabela 9 – Protocolos predefinidos do equipamento

Protocolo de Aquisição	FC (bpm)	Pitch Helicoidal	Tempo do exame 1,25mm	Tempo do exame 0,625mm	Tempo de Rotação da gantry (sec)
SnapShot Segment	40	0,275 : 1	11 s	21 s	0,5
	45	0,3 : 1	10 s	20 s	0,5
	50	0,325 : 1	9 s	19 s	0,5
	55	0,325 : 1	9 s	19 s	0,5
	60	0,325 : 1	9 s	19 s	0,5
SnapShot Burst	60 – 75	0,3 : 1	10 s	20 s	0,5
SnapShot Burst Plus	76 – 90	0,275 : 1	15 s	29 s	0,6

Fonte:

http://www.gehealthcare.com/gecommunity/tip_tv/subscribers/sup_material/supplement/1978.pdf

- É programado o injector para utilizar a Sequência 2 (Tabela 8). A aquisição das imagens é realizada em apneia inspiratória em simultâneo com a administração de contraste;
- Nesta fase deve-se ter em consideração vários fatores, nomeadamente, o *Time Bólus*, o *delay*, os fatores cardíacos do paciente, o tempo de inspiração e capacidade de apneia.
- Tendo em conta todos estes fatores, assim será a programação do exame em relação a esta sequência nomeadamente, se a aquisição das imagens se efetua da raiz da aorta ao ápex cardíaco ou vice-versa.

17.4. Reformatação das Imagens

- Concluída esta sequência, realiza-se a reformatação das imagens, processando-as no intervalo R-R entre 70% a 80% com um incremento de 5%;
- Retira-se o paciente da *gantry* e antes de remover o cateter venoso, comprova-se que está tudo bem, se o paciente se encontra bem disposto, ou se sentiu algo de diferente para além das reações que lhe foram explicadas serem normais acontecer e se não sente prurido no corpo;
- Confirma-se o traçado eletrocardiográfico e sinais vitais antes de desmonitorizar o paciente;
- Informa-se o paciente de que reações tardias ao contraste são normais acontecerem, reações essas como prurido localizado, calor no corpo, rubor na face entre outros. Neste caso deve dirigir-se ao Serviço de Urgência do Centro de Saúde da sua área de residência ou Urgência do Hospital, informar os profissionais de saúde de que realizou um TC Cardíaco, indicando a hora a que realizou o exame, que foi utilizado contraste e que naquele momento está a sentir os sintomas descritos.

18. Pós Processamento

18.1. Smartscore

O *smartscore* é uma aplicação utilizada para avaliar a quantidade de placa calcificada no interior das artérias coronárias, este método baseia-se no coeficiente de máxima atenuação da radiação X em TC, medido em unidades de Hounsfield (HU), de uma área com presença de cálcio (Nomura, C. H. et al. 2011).

Fig. 27 – Formulário do paciente que se deve preencher.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

Em cada artéria coronária, as regiões de interesse com lesão de cálcio são calculadas segundo o produto do fator peso pela área, determinando assim o *Score de Agatston* de uma lesão (GE Medical System, 2002).

A quantificação é realizada imagem a imagem sendo que, no final, a soma de todo o cálcio assinalado nas imagens mais os fatores de risco, a idade e o sexo vão atribuir uma probabilidade de risco de vir a contrair doença coronária, através de um valor estimativo que vai de 0 a maior que 401 (Woodard, P. K. et al. 2006).

Procedimento de quantificação de cálcio nas artérias

- 0
- 1-10
- 11-100
- 101-400
- 401+

Tabela 10 – Diretrizes para a interpretação do índice de cálcio na artéria coronária

Score de Cálcio	Quantidade de Placa	Probabilidade de DAC	Risco Cardiovascular
0	Sem placas	Muito baixa	Muito baixo
1-10	Identificação mínima	Muito improvável	Baixo
11-100	Poucas placas ateroscleróticas	Leve ou mínima provável estenose coronária	Moderado
101-400	Moderadas placas ateroscleróticas	Muito provável DAC	Moderado alto
> 401	Extensivas placas ateroscleróticas	Alta probabilidade de significativa estenose coronária	Muito alto

Adaptado de: Woodard K. P. et al. 2006.

A calcificação severa não significa necessariamente doença cardíaca grave, mas sim que deve ter um acompanhamento apropriado pelo médico (Woodard, P. K. et al. 2006).

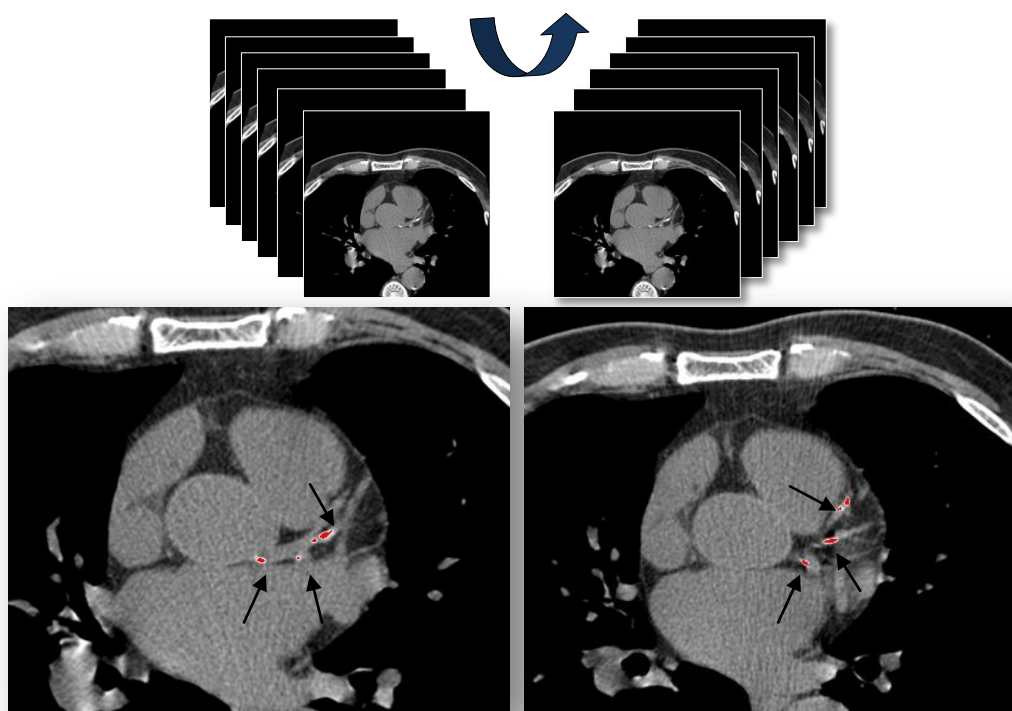


Fig. 28 – Duas das imagens do *smartscore* com apenas cálcio selecionado.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

Nesta fase é necessário ter a capacidade de saber diferenciar a placa de cálcio de um *stent* ou de um agrafo cirúrgico pois, se não for bem analisada a imagem, pode induzir um erro nos resultados do *score* de cálcio.

É de salientar ainda, que os depósitos de cálcio, por norma, começam a formar-se, anos antes de se desenvolverem quaisquer sintomas. Uma deteção precoce e alteração dos fatores de risco, pode diminuir o progresso da DAC (Sun, Z. 2010).

Estes resultados devem ser discutidos com o médico tendo em conta outros fatores de risco, tais como a idade, sexo, historia familiar, diabetes, tabagismo, dislipidemia, se alguma vez teve dor torácica, dificuldade respiratória, desconforto irradiado para o pescoço ou braço esquerdo com suores, síncope ou náusea (Carrigan, P. et al. 2009).

18.2. Snapshot

Através das imagens adquiridas em retrospectiva e com *software* específico para pós processamento, é possível visualizar anatomia cardíaca, vasos coronários, anomalias congênitas, contornar a permeabilidade do enxerto, estenose intra *stent*, vasos coronários anômalos, e o sistema cardiovascular completo.

É possível ainda quantificar os volumes do ventrículo esquerdo e direito, fração de ejeção, massa do miocárdio, movimento da parede e espessura da parede (GE Medical System, 2002).

18.2.1. Volume rendering 3D.

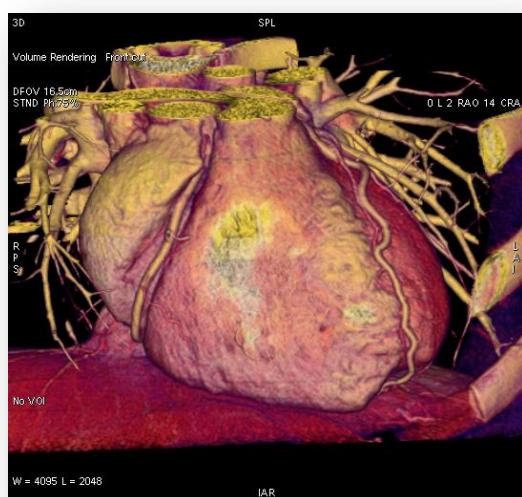


Fig. 29 – Imagem renderizada do coração.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

Volume rendering é uma técnica utilizada para apresentar uma projeção tridimensional a partir de um conjunto de imagens bidimensionais.

Neste caso, as renderizações são realizadas consoante o doente e patologia associada (Nomura, C.H. et al. 2011).

Uma vez que as imagens reformatadas estão programadas com um FOV, em que a grelha costal e externo se encontram à frente do coração, para se conseguir obter as imagens cardíacas é necessário remover estas estruturas, como podemos ver na figura 29.

Da mesma forma que num exame de TC, onde todos os estudos as imagens são fotografados para posteriormente serem relatadas pelo clínico aqui o caso é muito semelhante, iniciando-se pelas imagens em 3D.

Como se pretende apenas observar a vascularização coronária, é removido o contraste do músculo cardíaco de modo a permitir a visualização de todas as estruturas vasculares e do ventrículo esquerdo.

Devem ser apresentadas imagens do coração em várias perspectivas, de modo que, o estudo tridimensional apresente ambos os ramos coronários (direito e esquerdo), as suas ramificações e toda a patologia coronária que seja passível de ser visualizada numa imagem tridimensional de forma a proporcionar um bom diagnóstico ao médico.

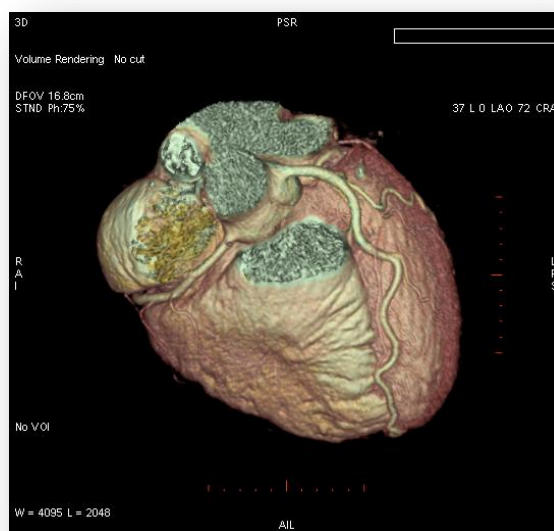


Fig. 30 – Reconstrução 3D do coração, onde é possível identificar os ramos coronários direito e esquerdo.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

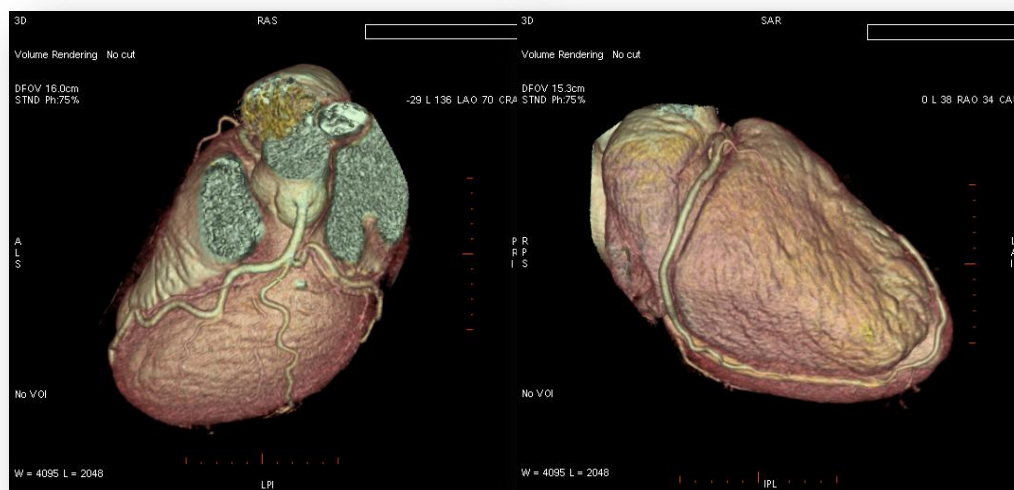


Fig. 31 – Ramos coronários direitos e esquerdos.

Na figura á direita podemos observar o ramo da artéria coronária direita (CD). Na figura á esquerda é possível visualizar o ramo coronário esquerdo com as suas ramificações.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

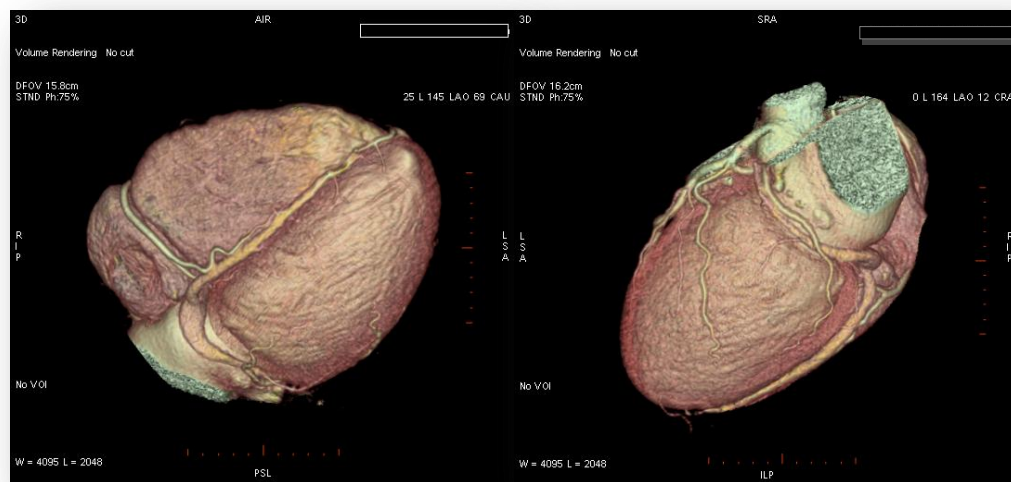


Fig. 32 – Outras perspetivas do coração.

Na figura à direita observa-se o ramo circunflexo (CX) e obtuso marginal e da artéria coronária esquerda. Na figura à esquerda observa-se o ramo interventricular (IVP) da CD.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

18.2.2. MIP Curvo.

Maximum Intensity Projection (MIP) permite a análise de uma estrutura vascular ou morfologia curva, de forma a demonstrar os resultados mais claramente num contexto adequado.

Permitem que, qualquer modo de renderização seja selecionado em qualquer momento no visualizador 3D, sem perder a posição ou a orientação. É possível deste modo ver a artéria em toda a sua extensão até à máxima resolução de aproximadamente um mm (Becker, C. R. et al. 2004). Devem ser apresentadas sempre duas perspectivas de cada um dos ramos coronários a analisar, quando fotografadas as imagens, como se pode observar nas figuras 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39.

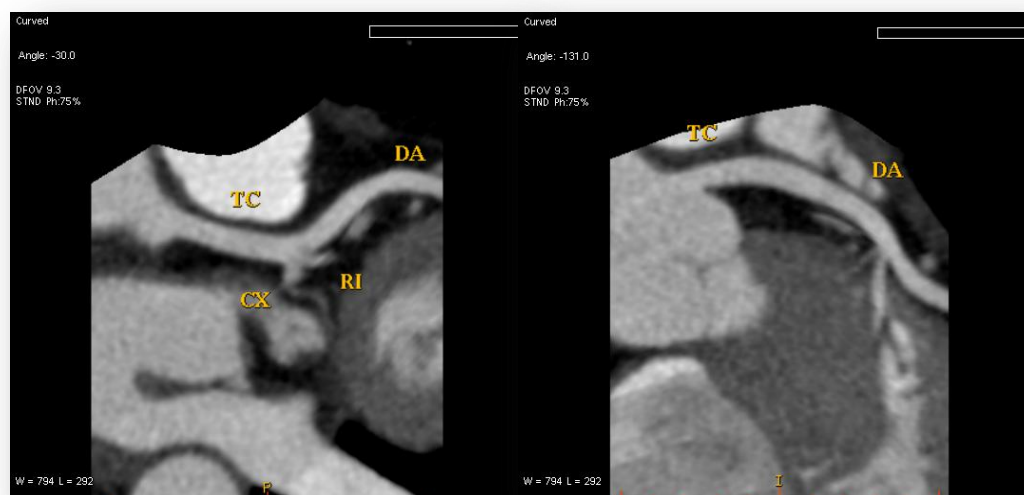


Fig. 33 – Ramo coronário esquerdo. Na figura á esquerda podemos observar o tronco comum (TC) com os ramos da descendente anterior (DA), Cx e RI. Na figura à direita observa-se o TC noutra perspectiva.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

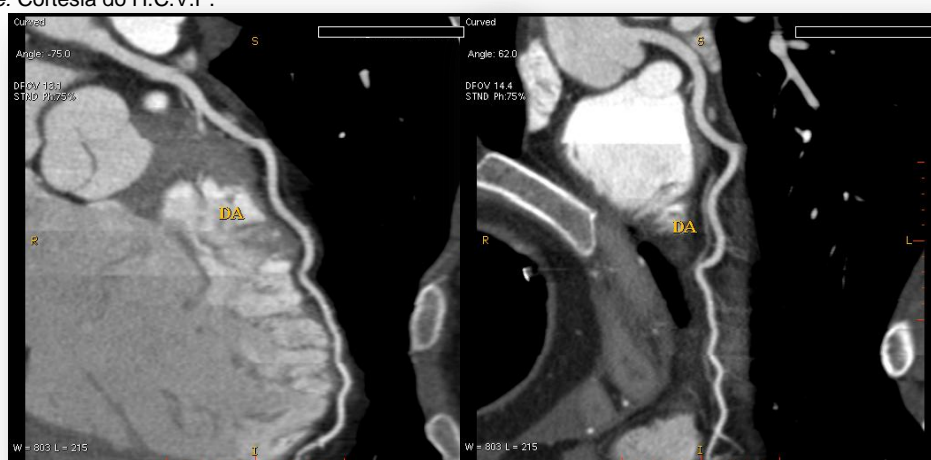


Fig. 34 – Artéria DA em toda a sua extensão sob duas perspectivas.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

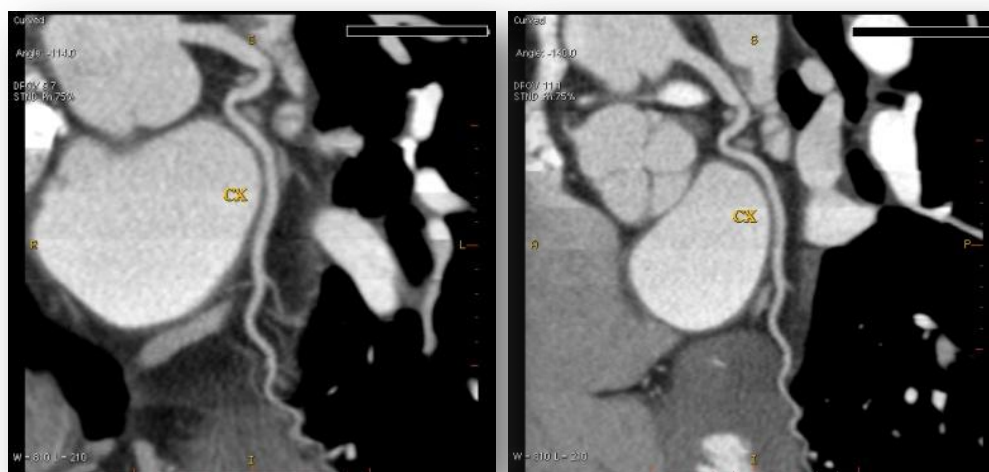


Fig. 35 – Ramo Cx da coronária esquerda em duas perspectivas.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.



Fig. 36 – Primeiro ramo marginal da artéria Cx em duas perspectivas.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

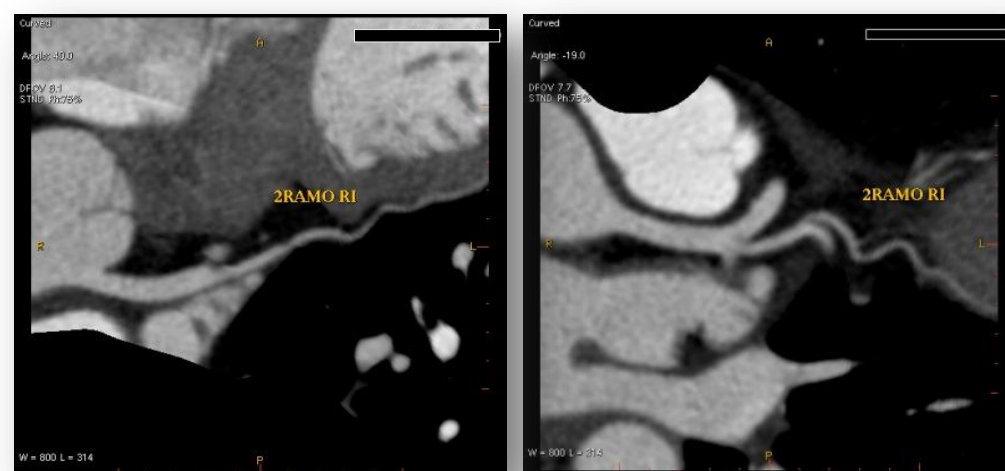


Fig. 37 – Segundo ramo marginal da artéria Cx em duas perspectivas.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.



Fig. 38 – Artéria CD em duas perspectivas.

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

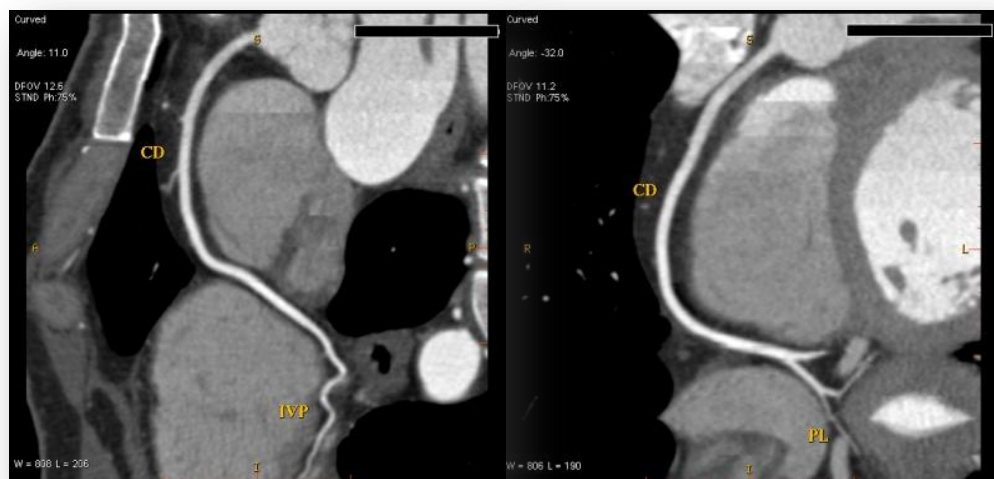


Fig. 39 – Artéria CD como ramo para IVP (esquerda) e ramo pósterio lateral (PL) (direita).

Fonte: Cortesia do H.C.V.P.

18.2.3. Função cardíaca.

Para iniciar a análise da função cardíaca é necessário utilizar imagens de múltiplas fases (5% e 95% com incrementos de 10%) durante todo o intervalo R-R, como podemos observar na figura 40.

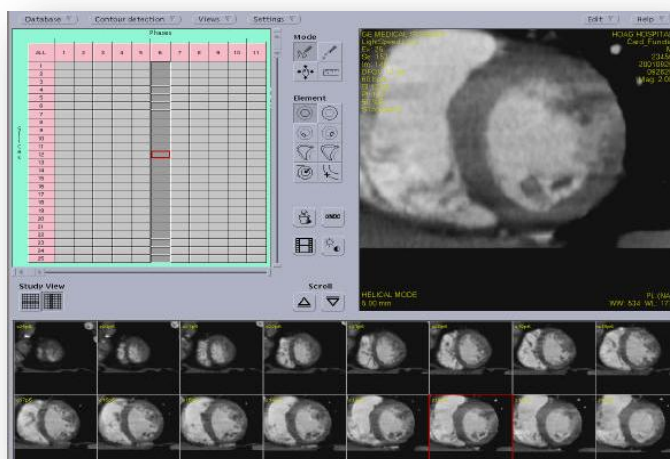


Fig. 40 – Imagens das várias fases (5% a 95%) do intervalo R-R, para análise da função cardíaca.

A função cardíaca Disponível em: GE Medical System, 2002.

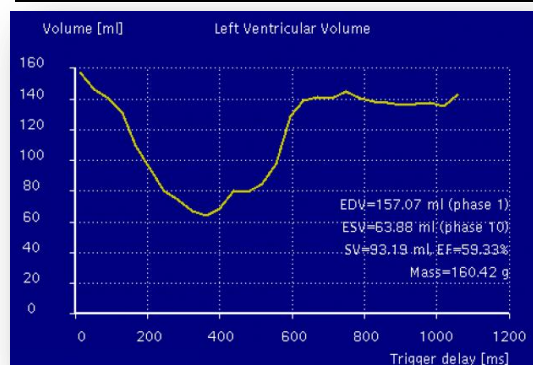
vai fornecer uma análise quantitativa dos parâmetros funcionais do ventrículo esquerdo e/ou direito, sendo que apenas se avalia o esquerdo (Nomura, C.H. et al. 2011):

- Volume Ventricular Esquerdo;
- Movimento da Parede Miocárdio;
- Espessura da Parede;
- Espessamento da Parede;
- Movimento Ventricular.

18.2.3.1. Volume ventricular esquerdo.

Como se pode observar, no gráfico 2, o volume do ventrículo esquerdo apresenta uma função de tempo dentro do ciclo cardíaco. Neste são ainda apresentados outros parâmetros, tais como: *End diastolic volume* (EDV), *end systolic volume* (ESV), *stroke*

Gráfico 2 – Volume Ventricular



Disponível em: GE Medical System, 2002.

volume (SV) e *fraction of ejection* (FE), (respectivamente volume diastólico final, volume sistólico final, fração de ejeção, volume ejeção) (GE Medical System, 2002).

EDV é volume máximo de sangue na câmara do ventrículo, no final da fase diastólica.

- Ventrículo Esquerdo (VE) normal = 150 ml;
- Ventrículo Direito (VD) normal = 165 ml.

ESV é o menor volume de sangue na câmara do ventrículo, no final da fase sistólica.

- VE normal = 75 ml;
- VD normal = 83 ml.

SV é a quantidade de sangue ejetado do ventrículo esquerdo durante a sístole.

- VE normal = menos de 80 ml;
- $SV = VDF - VSF$.

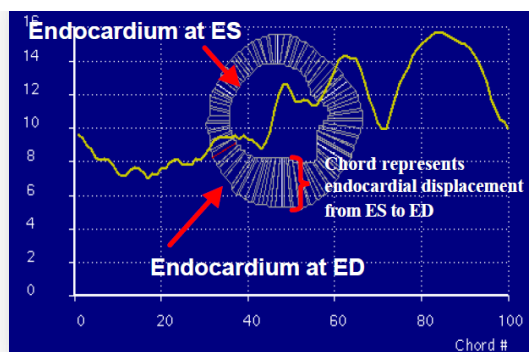
FE é a percentagem do sangue bombeado do ventrículo esquerdo a cada contração do coração, é utilizado como um indicador da função cardíaca total.

- VE normal = 50% a 65%;
- VD normal = 45% a 60% ou 10% menor do que o valor de VE:
- $EF = (SV / EDV) \times 100$.

18.2.3.2. Movimento da parede do miocárdio.

O movimento da parede do miocárdio é como a distância entre os dois pontos do endocárdio, na fase de sístole e diástole, conforme o corte selecionado, como se pode observar no gráfico 3. Existem 100 linhas denominadas de

Gráfico 3 – Movimento da Parede do Miocárdio



Disponível em: GE Medical System, 2002.

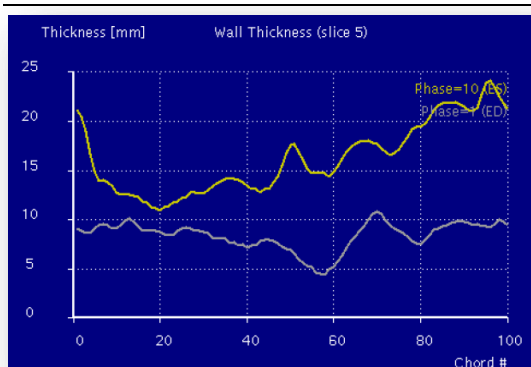
cordas que representam o movimento do endocárdio na fase final da sístole para a fase final da diástole, medido em milímetros (GE Medical System, 2002).

- Hipercinético: movimento excessivo, coração hiperdinâmico;
- Hipocinética: muito pouco movimento;
- Discinética: movimento descoordenado ou paradoxal;
- Acinético: sem movimento.

18.2.3.3. Espessura da parede.

O gráfico 4 representa a medição da espessura da parede do ventrículo esquerdo, é realizada no final das fases de sístole e diástole, onde o eixo dos xx representa as 100 cordas e no eixo dos yy a espessura da parede em mm nas fases de sístole e diástole.

Gráfico 4 – Espessura da Parede do Miocárdio



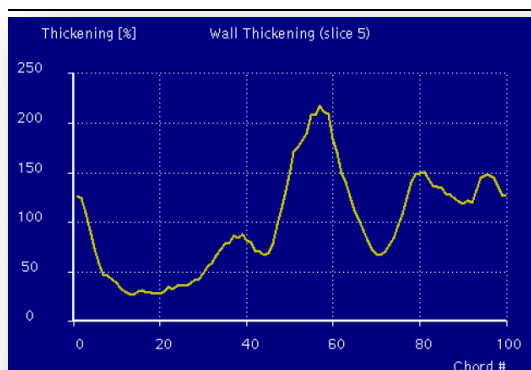
Disponível em: GE Medical System, 2002

Desta forma podemos verificar se as curvas se acompanham ao longo das 100 cordas (GE Medical System, 2002).

18.2.3.4. Espessamento da Parede.

O gráfico 5 representa o espessamento da parede onde podemos observar o aumento percentual de espessamento da parede da diástole para a sístole. O gráfico mostra no eixo dos xx as 100 cordas e no eixo dos yy o

Gráfico 5 – Espessamento da Parede



Disponível em: GE Medical System, 2002

aumento em percentagem (GE Medical Systems, 2002).

18.2.3.5. Movimento ventricular.

Esta opção permite obter uma impressão da relação temporal entre as imagens e os contornos das diferentes fases cardíaca. Para tal, é necessário obter uma boa definição dos contornos do endocárdio e epicárdio. Desta forma

é possível analisar a dinâmica do movimento do músculo cardíaco no ventrículo esquerdo, como se pode observar na figura 41.

Devem ser adquiridas duas imagens do ventrículo, uma na fase sistólica e outra na fase diastólica como se pode observar na figura 42.

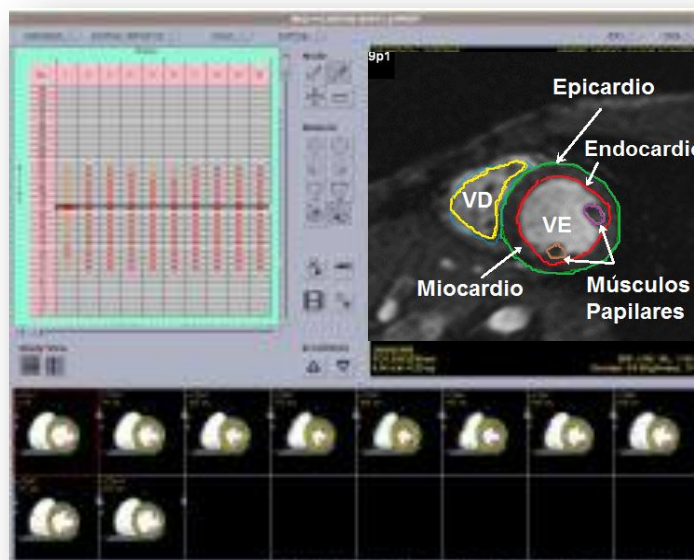


Fig. 41 – Corte do ventrículo esquerdo identificando as estruturas anatómicas.

Adaptado de: GE Medical System, 2002.

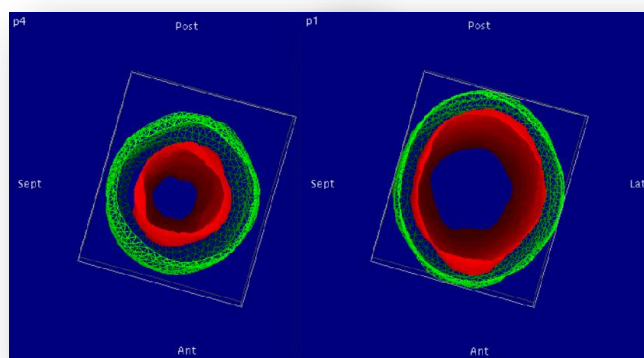


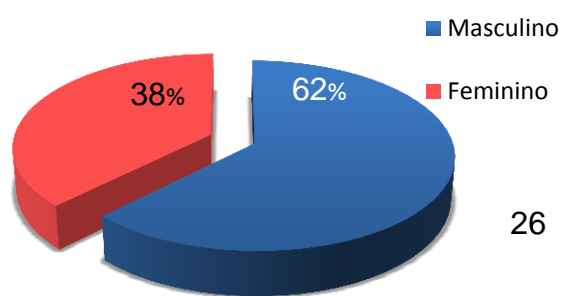
Fig. 42 – Ventrículo esquerdo. Fase sistólica à esquerda e fase diastólica à direita.

Disponível em: GE Medical System, 2002.

19. Relatório de Actividades

Todos os pacientes realizaram a TC coronária sem grandes complicações, tendo sido visualizados um total de 48 exames, dos quais 62% eram homens, com idades compreendidas entre 27 e 78 anos, e 38% eram mulheres, com idades compreendidas entre e 75 anos, como podemos verificar no gráfico 6 e 7.

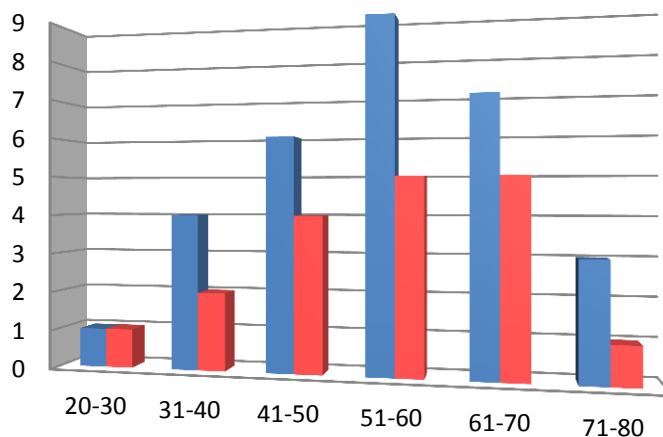
Gráfico 6 – Distribuição de homens e mulheres que realizaram TC coronária



Nos questionários do consentimento informado, 15% dos pacientes referiram ter antecedentes de alergias (gráfico 8) sendo que, nestes casos foi administrado previamente ao exame hidrocortisona IV, de acordo com o preconizado na tabela 7 do capítulo 14.3.

Gráfico 7 – Distribuição dos pacientes por faixas etárias e sexo

Nestes 15%, foi observado um caso de reação adversa de grau I ao contraste, em que o paciente apresentava alterações cutâneas (eritema) e algum prurido sem manifestações gastro



intestinais, vômitos ou náuseas, no final do exame.

Embora, 85% dos paciente não tenha referido nos questionários alergias, foi observado outro caso de reação adversa ao contraste, também de grau I, sendo que após a sua deteção se procedeu à administração de hidrocortisona IV e oxigénio por máscara (2-4 l/min).

Todos os pacientes foram previamente medicados com nitroglicerina (vasodilatador).

Foram administrados inicialmente β -bloqueantes orais e posteriormente IV, em todos os pacientes, à exceção de dois casos em que inicialmente não foram administrados, pois a frequência cardíaca encontrava-se estável. No

entanto, após se ter iniciado o exame os pacientes apresentaram extrassístoles que impossibilitaram a aquisição do exame sendo necessário administrar β -bloqueante IV.

Dos pacientes aos quais foram administrados β -bloqueantes inicialmente, dois apresentaram, durante a realização do exame, extrassístoles, sendo que desta forma os protocolos tiveram de ser alterados (de cortes de 0,625 para 1,25 mm de forma a reduzir a resolução espacial e aumentando a resolução temporal). Só assim, foi possível adquirir as imagens sem os movimentos.

A média da frequência cardíaca dos pacientes durante a aquisição de dados foi 58,5 bpm.

Destes 48 pacientes, dez apresentaram exames normais. Nos restantes, foi possível diagnosticar 18 casos de doença de um vaso, sete casos de doença de dois vasos e cinco de doença de três 3 vasos. Um caso de coartação da aorta, um caso de miocardiopatia hipertrófica, dois casos de estenose dos vasos e quatro casos de bypass cardíaco, como podemos observar no gráfico 9.

Gráfico 8 – Pacientes com antecedentes de alergias

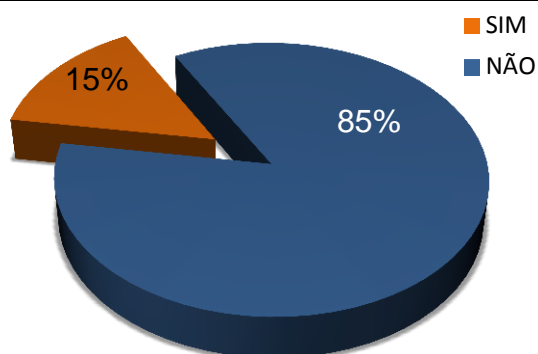
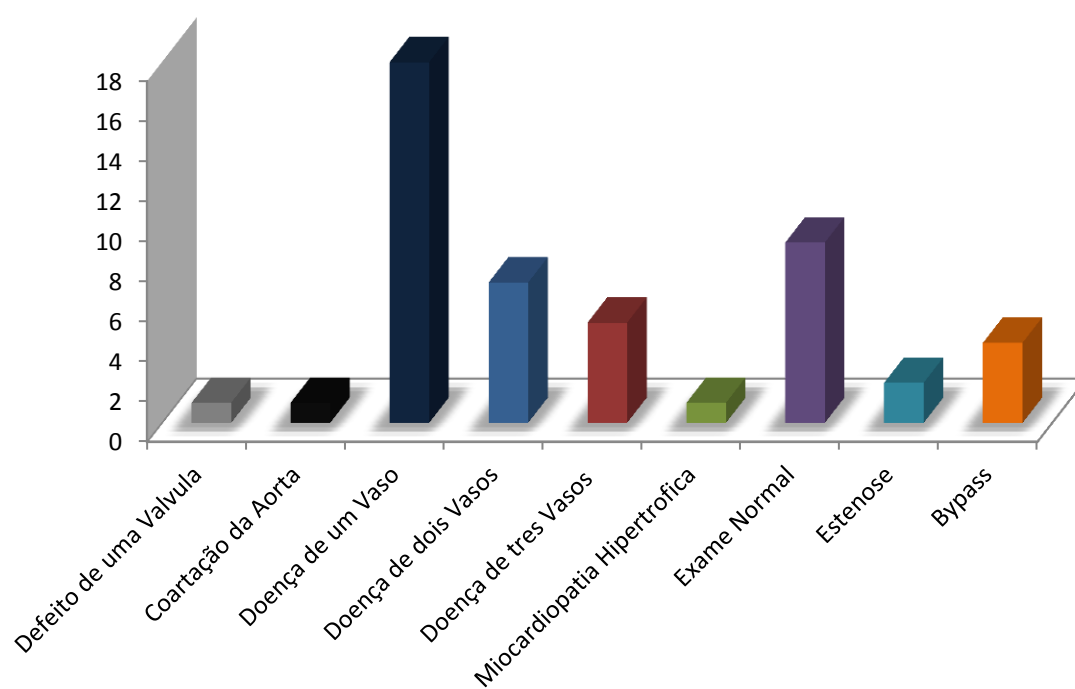


Gráfico 9 – Resultados dos Exames

Destes 48 pacientes, irão ser apresentados sete casos clínicos abordados ao longo deste estágio.

20. Casos Clínicos

20.1. I Caso Clínico

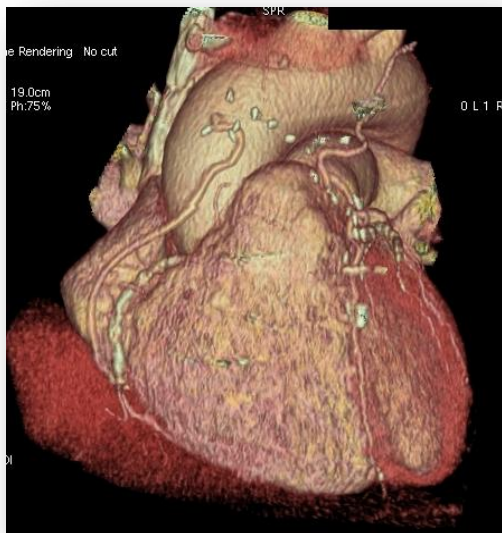


Fig. 43 – Reconstrução 3D onde podemos observar a anastomose das pontagens.

Paciente do sexo masculino, com 56 anos de idade, HTA, diabético e com antecedentes familiares de doença coronária. Está a ser acompanhado na consulta de cardiologia após intervenção cirúrgica de revascularização do miocárdio, na qual foi necessário realizar dois bypasses (mamária interna esquerda (MIE) para DA e Saf. para

CD). Realizou prova de esforço com resultado duvidoso, ficou com indicação para realizar Angio TC coronária. O paciente não referiu alergias.

A TA antes do exame era de 165/99 mmHg e a frequência cardíaca de 83bpm. Foram administrados 100 mg de β -bloqueante oral e 0,5 mg de nitroglicerina oral e ficou a aguardar reavaliação.

Passados 45 minutos o paciente foi reavaliado e os valores de tensão arterial eram 140/75 mmHg e frequência cardíaca 72 bpm. Após a colocação de um acesso venoso no paciente foram administradas doses de cinco miligramas de β -bloqueante IV com um intervalo de cinco minutos cada, até perfazer um total máximo da dose de 20 mg, diminuindo a FC para os 65 bpm.

Devido à posição dos bypasses cardíacos, a programação da *range* do exame teve de ser aumentada de forma a englobar todas as pontagens.

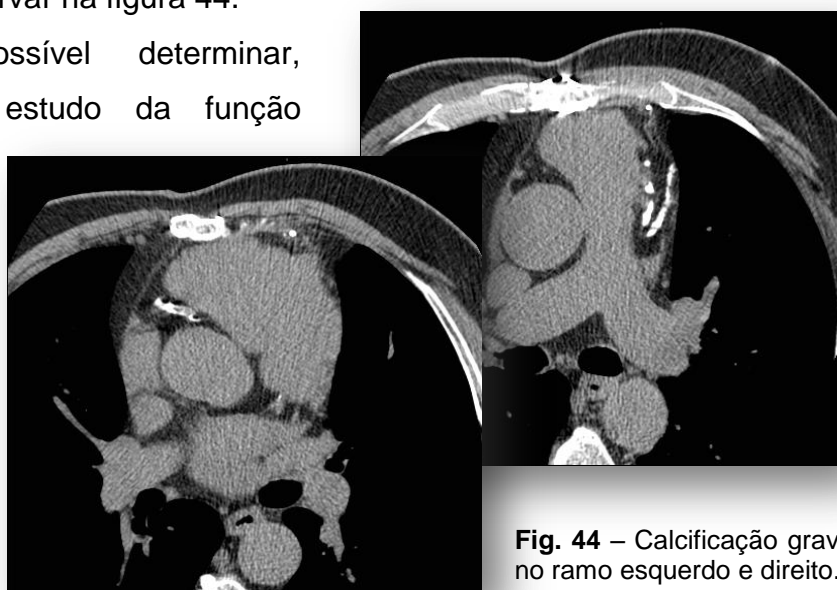
Devido à dificuldade de realizar a apneia, o protocolo foi adaptado para que o paciente pudesse realizar o exame.

Tabela 11 – Parâmetros do Protocolo *SnapShot Burst* 60 bpm.

Colimação	16 x 1,25 mm	Pitch	0,28 : 1 mm
Espessura de corte	1,25 mm	Matriz	512 x 512
Incremento	0,5 mm	Voltagem	120 Kv
Tempo de scan	10 s	Amperagem	668 mAs
Tempo de rotação	0,5 s	FOV	250 mm

Através do *smartscore* foi possível determinar uma calcificação grave da árvore coronária, correspondente a um percentil 400, como podemos observar na figura 44.

Foi possível determinar, mediante o estudo da função cardíaca que o paciente tinha uma função sistólica global do ventrículo esquerdo preservada com uma FE de 56,4%.

**Fig. 44** – Calcificação grave, no ramo esquerdo e direito.

No estudo angiográfico, a pontagem da artéria mamária interna para o segmento médio da artéria descendente anterior encontrava-se permeável, não se visualizando estenose na anastomose distal e proximal (Figura 45).

A pontagem da safena para a artéria coronária direita, apresentava-se permeável e com um bom calibre.

Logo após a anastomose proximal visualiza-se uma estenose. A restante pontagem apresentava-se sem lesões assim como a anastomose distal, como se pode observar na figura 46.



Fig. 45 – Pontagem MIE para DA.



Fig. 46 – Pontagem Saf para CD.

O tronco comum não apresentava lesões no entanto, a artéria DA e as diagonais apresentavam-se muito calcificadas em todo o trajeto assim como, a artéria Cx, como podemos observar na figura 47.

A artéria coronária direita também se apresentava muito calcificada em todo o trajeto, como podemos observar na figura 48.

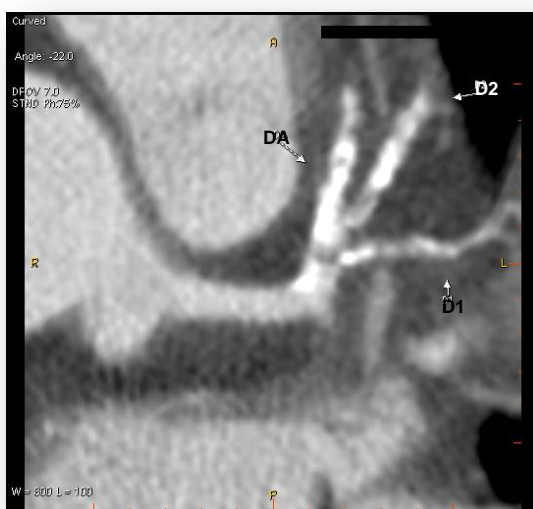


Fig. 47 – Ramo Coronário Esquerdo com calcificação dos segmentos da DA, D1 e D2.

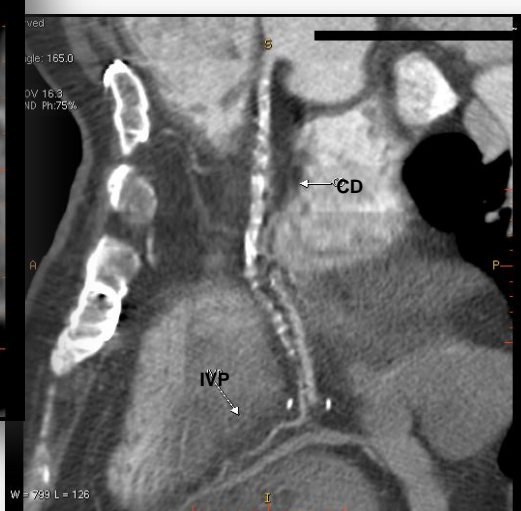


Fig. 48 – Artéria Coronária Direita muito calcificada em todo o seu trajeto.

20.2. II Caso Clínico

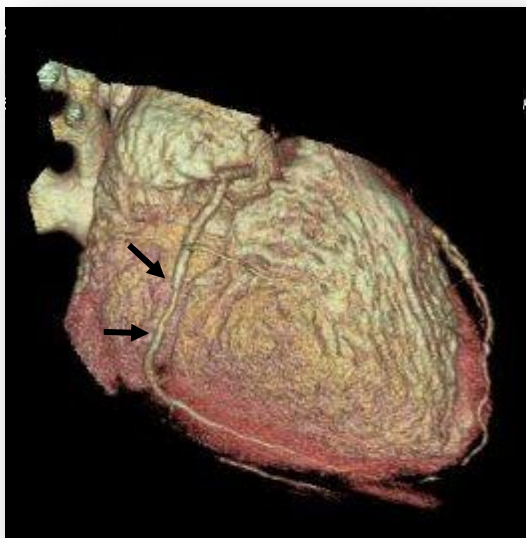


Fig. 49 – Reconstrução 3D onde podemos visualizar a estenose na CD (2008).

do calibre da artéria coronária direita na sua porção média (estenose de aproximadamente 50%), como podemos observar na figura 49 e 50.

Em 2011, o doente foi novamente submetido a uma angio TC

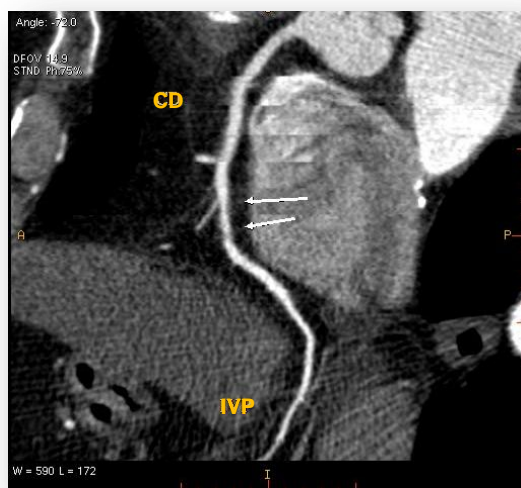


Fig. 50 – MIP da CD, identificando a estenose (2008).

Paciente do sexo masculino, 48 anos de idade, HTA, dislipidemia, hábitos tabágicos. Dirigiu-se à consulta de cardiologia por dor torácica.

Em 2008, realizou uma Angio TC coronária onde foi observada boa função sistólica do ventrículo esquerdo com uma FE de 57%, sendo-lhe diagnosticado uma diminuição

da patologia.

Antes do exame a tensão arterial era 148/82 mmHg e a frequência cardíaca de 77 bpm. Foi medicado com 100 mg de β -bloqueante e 0,5 mg de nitroglicerina oral e ficou a aguardar.

Após 45 minutos, o paciente foi reavaliado e os valores de tensão arterial eram 150/70 mmHg e frequência cardíaca 57 bpm. Foi realizada punção venosa periférica e administrados apenas cinco miligramas de β -bloqueante IV para prevenção de extrassístoles.

Tabela 12 – Parâmetros do Protocolo *SnapShot Segment* 50 bpm

Colimação	16 x 0,625	Pitch	0,325 : 1 mm
Espessura de corte	0,625 mm	Matriz	512 x 512
Incremento	0.5 mm	Voltagem	120 Kv
Tempo de scan	19 s	Amperagem	628 mAs
Tempo de rotação	0,4 s	FOV	200 a 250 mm

Neste exame foi possível observar que a função sistólica do ventrículo esquerdo se mantém boa, com uma FE de 74%.

Observam-se pequenos pontos de cálcio na artéria DA e na emergência da D2, como podemos verificar na figura 51. No entanto, a CD mantém uma diminuição do calibre na porção média devido à estenose, como podemos observar na figura 52.

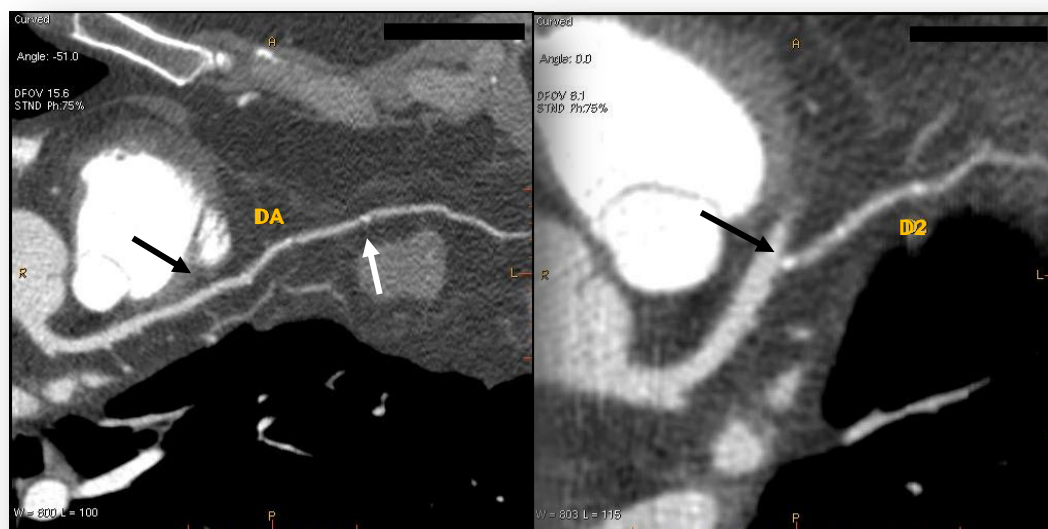


Fig. 51 – MIP curvo identificando alguns pontos de cálcio na artéria DA e na emergência da D2 (2011).

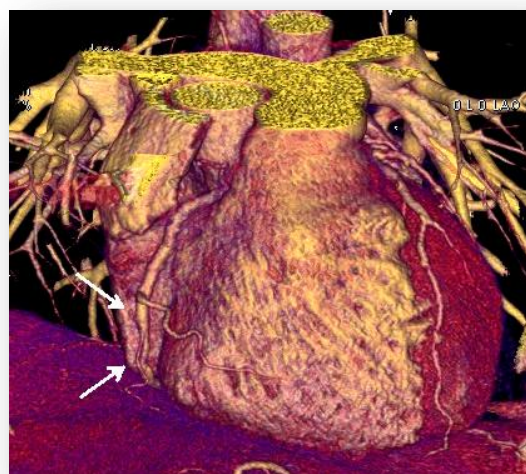


Fig. 52 – Reconstrução 3D onde podemos visualizar a estenose da CD (2011).

20.3. III Caso Clínico

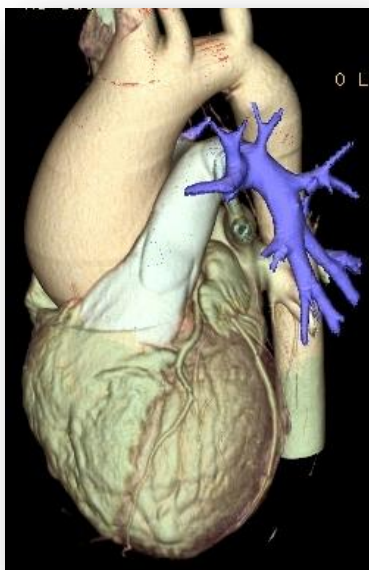


Fig. 53 – Reconstrução 3D onde se pode observar a coarctação da aorta.

Paciente do sexo feminino, 26 anos de idade com antecedentes de insuficiência cardíaca, HTA e astenia quando anda a pé ou sobe escadas.

Dirigiu-se ao serviço, por indicação do cardiologista para realizar um angio TC, por suspeita de aneurisma.

Foram avaliados os sinais vitais da paciente antes do exame apresentando uma tensão arterial 114/55 mmHg, frequência cardíaca de 64 bpm e oximetria de 93%.

Foram administrados 0,5 mg de nitroglicerina sublingual e colocada uma máscara de oxigénio na paciente de modo a aumentar a sua saturação de oxigénio. A paciente referiu ter apresentado uma reação alérgica de grau I num exame de TC que havia realizado à alguns anos. Foi puncionado um acesso venoso periférico e administradas três ampolas de dois mililitros cada de hidrocortisona e duas doses de cinco miligramas de β -bloqueante IV, diminuindo a FC para 55 bpm.

Tabela 13 – Parâmetros do Protocolo *SnapShot Segment 50 bpm*

Colimação	16 x 1,25	Pitch	0,27 : 1 mm
Espessura de corte	1,25 mm	Matriz	512 x 512
Incremento	0,5 mm	Voltagem	120 Kv
Tempo de scan	9 s	Amperagem	648 mAs
Tempo de rotação	0,5 s	FOV	230 mm

Através do *Smartscore* não foi detetado qualquer cálcio nas artérias coronárias, apresentando então um score de cálcio 0.

Como podemos observar nas figuras 54 e 55, a paciente apresenta uma coartação da aorta torácica junto ao arco aórtico.

Através da análise das imagens funcionais do *Snapshot*

foi possível determinar que a paciente apresentava também uma insuficiência da válvula, havendo um refluxo devido ao não encerramento da mesma, como podemos observar nas figuras 56.



Fig. 54 – Coartação da aorta (diminuição do calibre da artéria para 16,5mm).

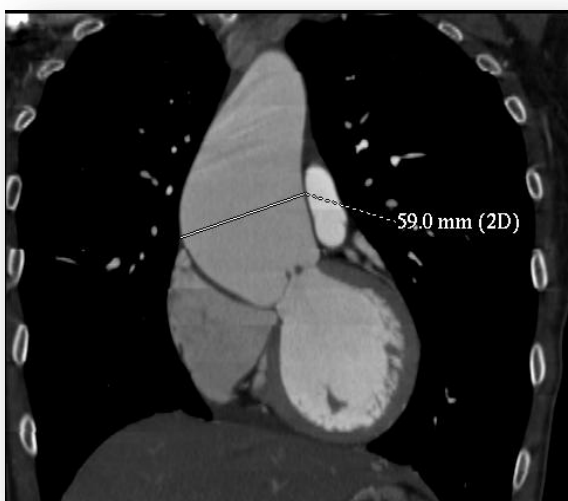


Fig. 55 – Dilatação da Aorta.



Fig. 56 – Insuficiência da Válvula Tricúspide.

Na imagem à esquerda a válvula está aberta enquanto que na imagem à direita a válvula deveria estar totalmente fechada.

20.4. IV Caso Clínico

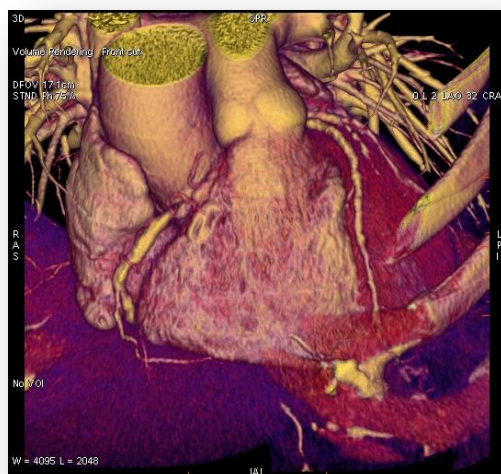


Fig. 57 – Volume Rendering do coração onde é possível observar a coronária direita e a DA.

Paciente do sexo masculino, 62 anos de idade com antecedentes de HTA, diabetes tipo 2, dislipidemia e hábitos alcoólicos, é encaminhado do Serviço de Urgência, com indicação para realizar um angio TC, por referir dor no peito irradiado para o braço esquerdo.

Foram avaliados os sinais vitais do paciente antes do exame, apresentando uma tensão arterial 140/75 mmHg e frequência cardíaca de 78 bpm. Foram administrados 0,5 mg de nitroglicerina sublingual e 100 mg de β -bloqueante oral e ficou a aguardar para reavaliação.

Após 45 minutos, o paciente foi reavaliado e a TA de 125/73 mmHg e a FC de 68 bpm. O paciente foi monitorizado com eletrocardiógrafo, no qual foram observadas extrassístoles. Foi puncionado um acesso venoso periférico e administradas duas doses de cinco miligramas de β -bloqueante IV reduzindo a frequência cardíaca para 60 bpm.

O protocolo escolhido foi *SnapShot Segment* 55 bpm com cortes de 0,625 mm (Tabela 9). Embora o paciente tenha conseguido realizar a apneia durante o exame teve algumas extrassístoles, havendo a necessidade de administrar mais uma dose β -bloqueante IV e alterar o protocolo para que a aquisição fosse mais rápida, optando assim, por um aumento da espessura do corte e realizar o exame do ápex para a base do coração.

Tabela 14 – Parâmetros do Protocolo *snapshot Segment* 55 bpm

Colimação	16 x 1,25 mm	Pitch	0,28 : 1 mm
Espessura de corte	1,25 mm	Matriz	512 x 512
Incremento	0,5 mm	Voltagem	120 Kv
Tempo de scan	10 s	Amperagem	638 mAs
Tempo de rotação	0,4 s	FOV	250 mm



Fig. 58 – Artéria Circunflexa com doença difusa.

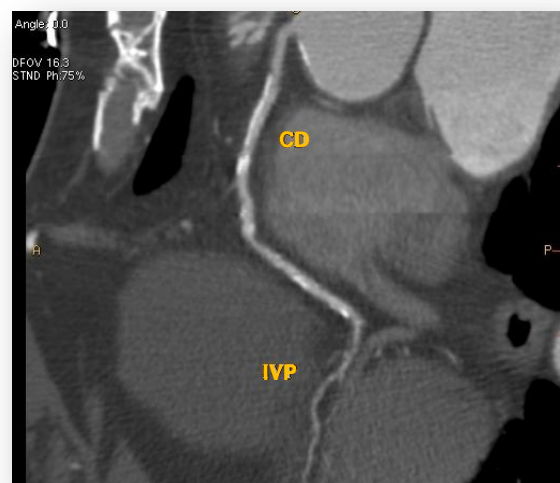


Fig. 59 – Artéria coronária direita apresenta lesões nas porções proximal e média.

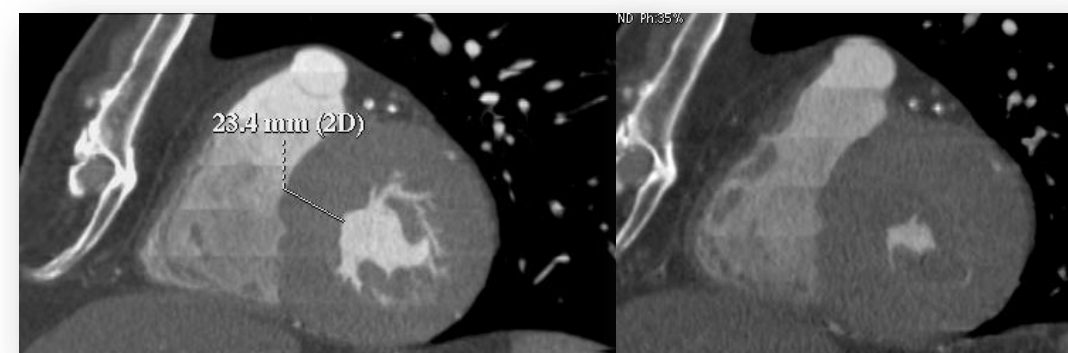


Fig. 60 – Corte axial do ventrículo onde é possível observar uma dilatação do miocárdio.

Foi possível confirmar que o paciente apresentava um score de cálcio 100 e uma função ventricular esquerda com uma FE de 90%.

Através da análise dos MIP Curvos foi possível determinar que o TC não apresentava lesões, a artéria DA apresentava-se difusamente doente com lesão crítica ostial. A artéria Cx apresentava uma lesão difusa aparentemente significativa como podemos observar na figura 58. A artéria CD apresentava lesões nas porções proximal e média como podemos observar na figura 59.

Foi ainda possível determinar através do estudo da parede do músculo cardíaco uma

miocardiopatia hipertrófica ventricular esquerda, como é possível observar na figura 60.

20.5. V Caso Clínico



Fig. 61 – Coronária direita e dois dos bypasses em 3D.

Paciente do sexo masculino, 80 anos de idade com antecedentes de cirurgia cardíaca (Triplo Bypass (MIE->DA , Saf->IVP, Saf->OM)) e D.P.O.C. por ter sido fumador durante muitos anos, veio realizar uma Angio-TC Cardíaca para reavaliação dos bypasses.

Antes do exame, a TA era de 140/80 mmHg e a FC de 87 bpm. Foram administrados 100 mg de β -bloqueante e 0,5 mg de nitroglicerina

oral e ficou a aguardar.

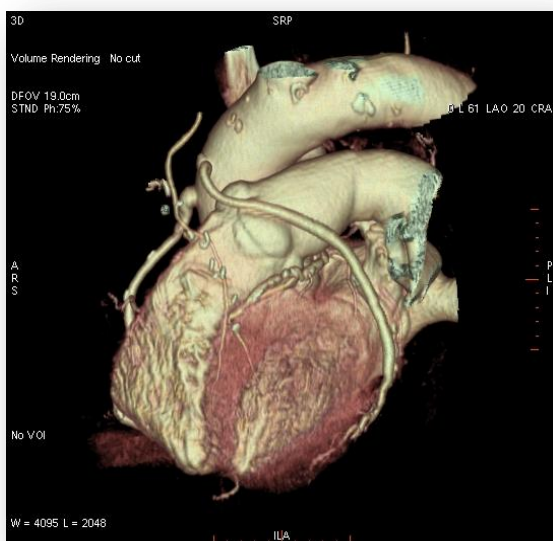


Fig. 62 – Coronária esquerda com as três pontagens em 3D.

Após 45 minutos, o paciente foi reavaliado e a TA era 121/63 mmHg e FC de 63 bpm. Foi puncionado um acesso venoso periférico e administradas duas doses de β -bloqueante IV com um intervalo de cinco minutos cada, até perfazer um total máximo da dose de 10 mg, diminuindo

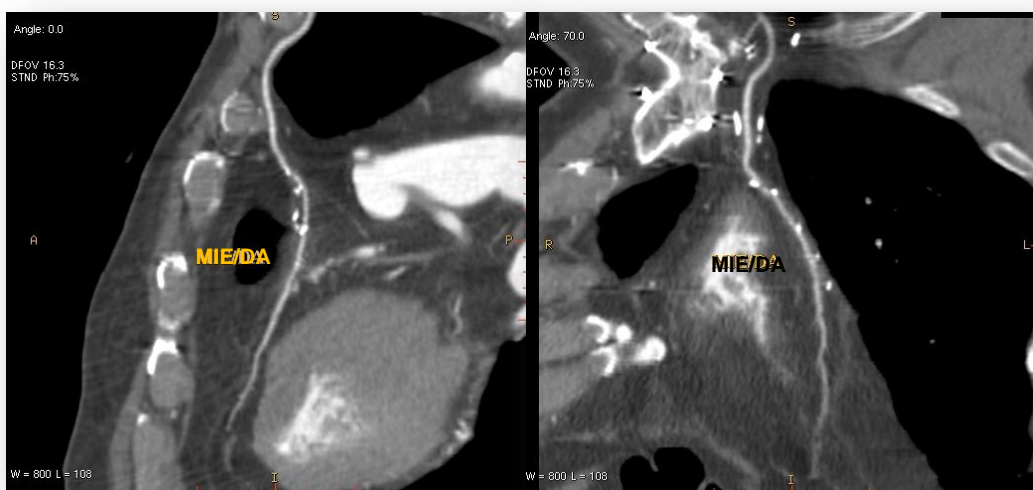
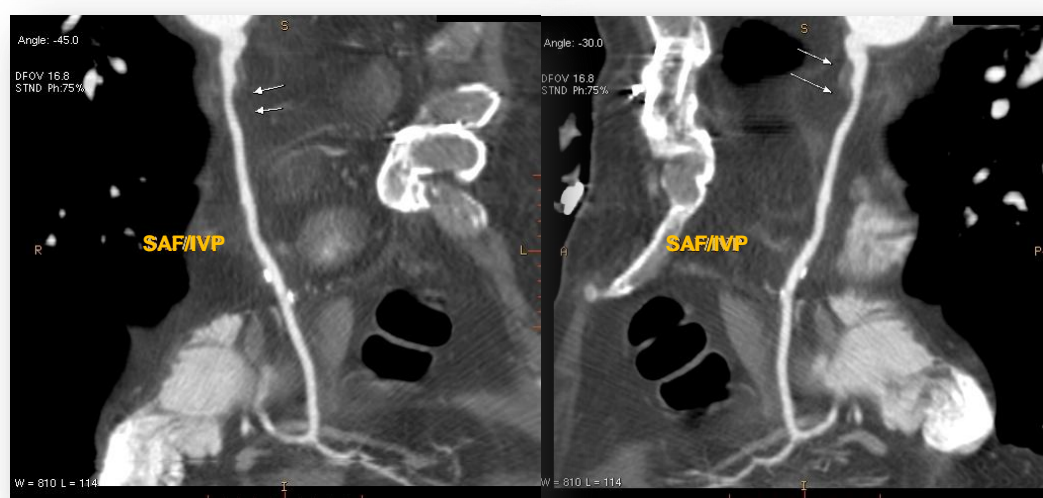
a FC para os 56 bpm.

Considerando a dificuldade do paciente em efetuar a apneia, o protocolo adotado para este exame foi o *SnapShot Segment* 50 bpm com cortes de 1,25 mm.

Tabela 15 – Parâmetros do Protocolo *SnapShot Segment* 50 bpm

Colimação	16 x 1,25 mm	Pitch	0,28 : 1 mm
Espessura de corte	1,25 mm	Matriz	512 x 512
Incremento	0,5 mm	Voltagem	120 Kv
Tempo de scan	9 s	Amperagem	638 mAs
Tempo de rotação	0,5 s	FOV	250 mm

Foi possível observar através de MIP curvo que as pontagens (MIE->DA ; Saf-> IVP e Saf->OM) se encontram permeáveis e os vasos nativos distais às anastomoses não apresentavam lesões significativas, como podemos verificar nas figuras 63, 64 e 65. A função ventricular manteve-se preservada com uma fração de ejeção de 75%.

**Fig. 63 – Pontagem MIE para DA.****Fig. 64 – Pontagem Saf. para IVP com uma compressão na porção proximal.**

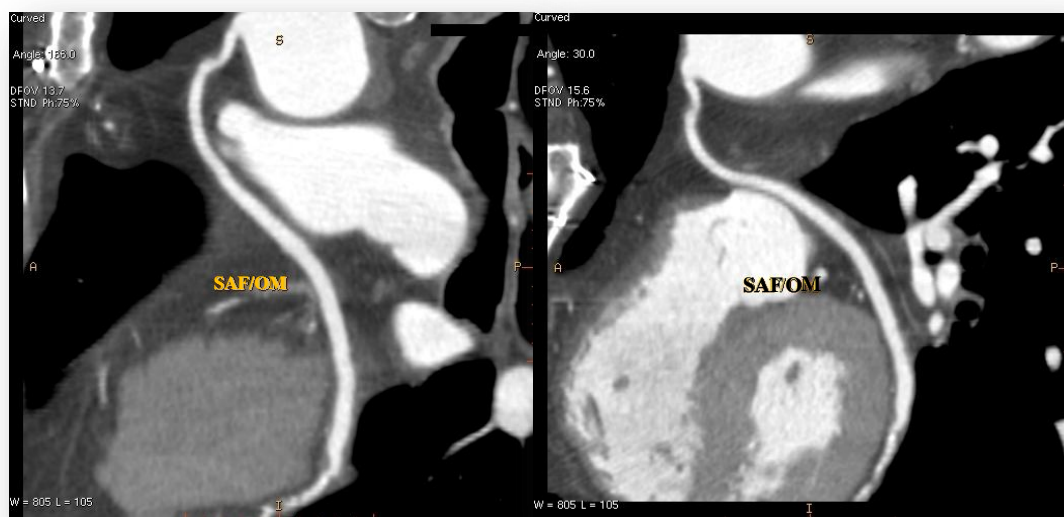


Fig. 65 – Pontagem Saf para OM.

20.6. VI Caso Clínico

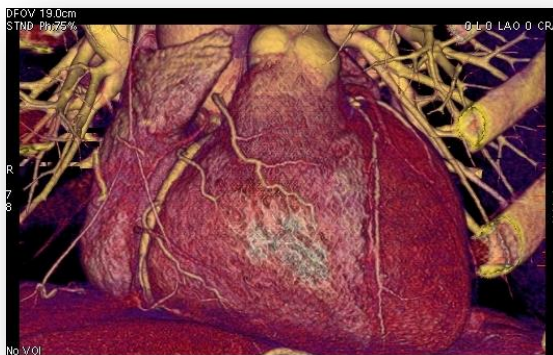


Fig. 66 – *Volume Rendering* do coração onde é possível observar a coronária direita.

Paciente do sexo masculino, 69 anos de idade, com antecedentes de HTA, dislipidemia, ex-fumador, cardiopatia isquêmica devido a EAM em Outubro de 2009 e em Julho de 2010.

Em 2010 realizou um cateterismo no qual foi diagnosticado, doença de dois vasos (CD e DA). Na CD foram colocados dois *stent* para revascularização do vaso devido a duas lesões. Na DA apresentava algumas placas de cálcio sem obstrução.

Veio realizar Angio TC cardíaca porque no dia anterior sentiu precordialgia, recorreu ao Serviço de Urgência e após consulta com o clínico teve indicação para reavaliar as lesões na DA.

A TA antes do exame era de 119/72 mmHg e a FC de 83 bpm. Foram administrados 100 mg de β -bloqueante e 0,5 mg de nitroglicerina oral e ficou a aguardar.

Após 45 minutos o paciente foi reavaliado e os valores da TA eram 121/63 mmHg e FC 65 bpm. Foi puncionado um acesso venoso periférico no paciente e foram administrados duas doses de β -bloqueante IV com um intervalo de cinco minutos cada, até perfazer um total máximo da dose de 10 mg, diminuindo a FC para os 56 bpm.

Tabela 16 – Parâmetros do Protocolo *SnapShot Segment* 50 bpm

Colimação	10 x 0,625 mm	Pitch	0,24 : 1 mm
Espessura de corte	0,625 mm	Matriz	512 x 512
Incremento	0,5 mm	Voltagem	120 Kv
Tempo de <i>scan</i>	20 s	Amperagem	638 mAs
Tempo de rotação	0,4 s	FOV	250 mm

Através do MIP curvo foi possível observar que os *stent*'s colocados na CD se encontram permeáveis, como podemos observar na figura 67.

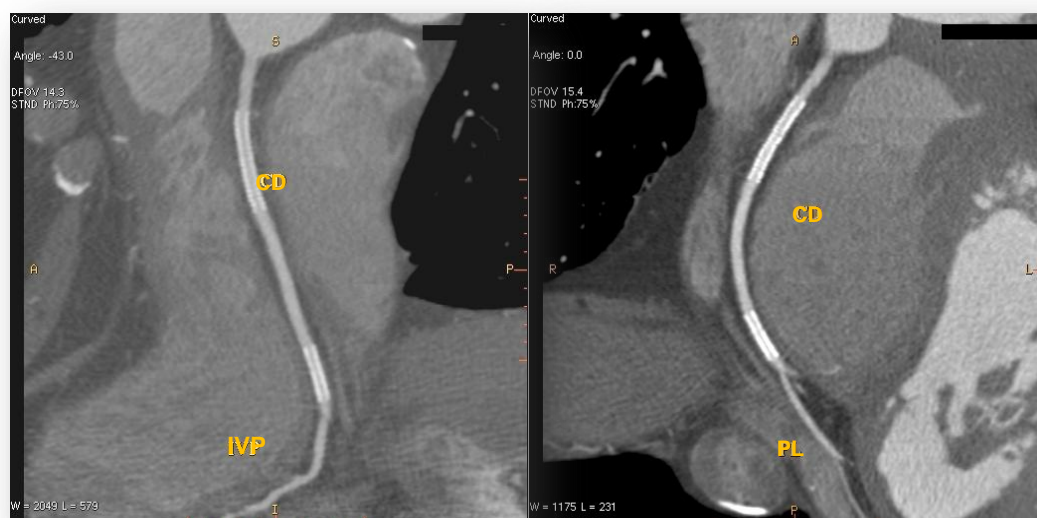


Fig. 67 – MIP da CD onde podemos observar os dois *stent* sob duas perspectivas.

No ramo esquerdo através do *smartscore* foi possível determinar um score de cálcio de 340, onde é possível observar placas ateroscleróticas ao longo do seu trajeto até a sua porção média na DA e diagonais e Cx havendo algum compromisso, como podemos observar na figura 68.



Fig. 68 – Imagens do *smartscore* onde é possível observar a calcificação das coronárias esquerdas.

Através do estudo da função cardíaca foi possível determinar uma miocardiopatia dilatada com uma má FE de 35%, como podemos observar na figura 69.

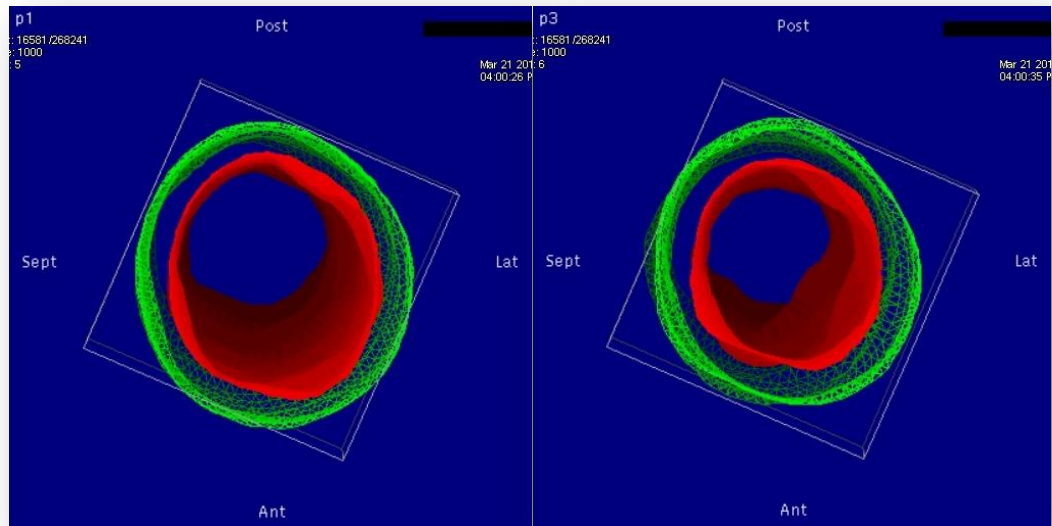


Fig. 69 – Ventrículo Esquerdo nas fases sístole e diástole.

20.7. VII Caso Clínico

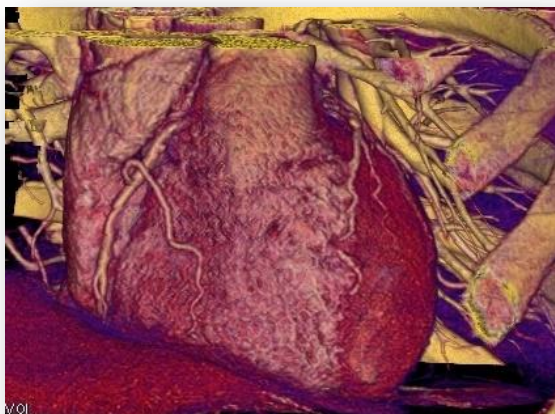


Fig. 70 - Volume Rendering do coração onde é possível observar a coronária direita e a DA.

Paciente sexo masculino, 59 anos de idade com história clínica de HTA, dislipidemia, *stress*, referindo dor no peito e no membro superior esquerdo (MSE) sempre que caminha ou faz exercício físico. Em 2004 realizou prova de esforço (PE) com resultados duvidosos.

Realizou também uma cintigrafia de perfusão do miocárdio cujo resultado também foi duvidoso.

O ecocardiograma revelava VE com hipertrofia ligeira do septo basal e boa função. Foi submetido a um cateterismo cardíaco que revelou coronárias sem lesões significativas apenas uma placa menor a 25% na DA média. Em 2008 recorreu a consulta de cardiologia por reaparecimento da dor no MSE, repetiu PE na qual teve uma dor semelhante e alterações eletrocardiográficas sugestivas de isquemia, sendo medicado com β -bloqueante. Em 2011, voltou à consulta de cardiologia por queixas de cansaço físico sugestivo de angor.

A tensão arterial antes do exame era de 140/90 mmHg e a frequência cardíaca de 55 bpm. Foram administrados 100 mg de β -bloqueante oral e 0,5 mg de nitroglicerina oral e ficou a aguardar reavaliação.

Passados 45 minutos o paciente foi reavaliado e os valores de tensão arterial eram 121/63 mmHg e FC 65 bpm. Após a punção venosa periférica do paciente, foram administrados duas doses de β -bloqueante IV com um intervalo de cinco minutos cada, até perfazer um total máximo da dose de 10 mg, diminuindo a FC para os 50 bpm.

O protocolo do exame escolhido foi o *SnapShot Segment* 45 bpm.

Tabela 17 – Parâmetros do Protocolo *SnapShot Segment 45 bpm*

Colimação	10 x 0,625 mm	Pitch	0,26 : 1 mm
Espessura de corte	0,625 mm	Matriz	512 x 512
Incremento	0,5 mm	Voltagem	120 Kv
Tempo de <i>scan</i>	20 s	Amperagem	638 mAs
Tempo de rotação	0,4 s	FOV	250 mm

Com o *smartscore* foi possível determinar um *score* de cálcio de 387.

Através dos MIP's curvos foi possível observar placas ateroscleróticas mistas na DA / D1 e Cx, sem contudo condicionarem estenoses significativas, como podemos observar nas figuras 71.

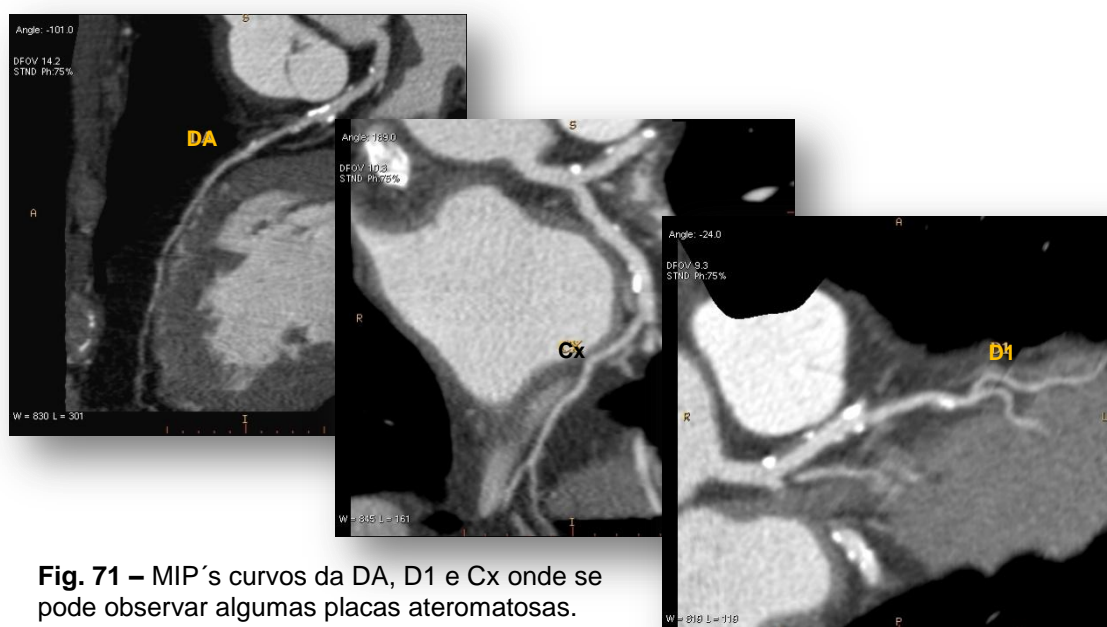


Fig. 71 – MIP's curvos da DA, D1 e Cx onde se pode observar algumas placas ateromatosas.

A CD não apresenta lesões, como podemos observar na figura 72.

Função VE preservada com uma FE de 75%.

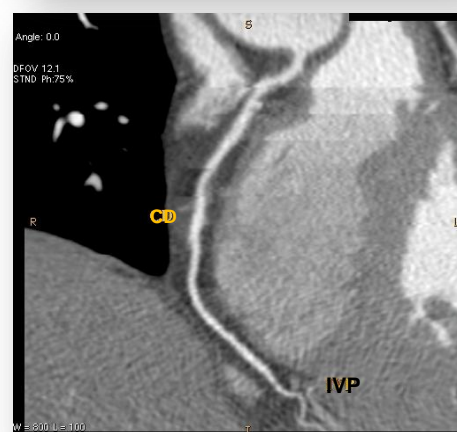


Fig. 72 – MIP da CD até ao ramo IVP.

21. Futuro da TCMC

O potencial clínico destes equipamentos tem sido alvo de investigação ao longo da sua existência, devido à sua facilidade de uso e disponibilidade nos dias de hoje.

A TCMC fornece principalmente informações morfológicas em combinação com outras modalidades mas, pode também fornecer informações funcionais e metabólicas fazendo com que no futuro, sistemas combinados para a obtenção de diagnósticos estruturais e funcionais abrangentes possam ganhar importância.

Uma vez que a TC de 16 cortes se tornou mais acessível permitiu assim, a aquisição de imagens submilimétricas e isotrópicas para praticamente qualquer aplicação (Becker, C. R. et al. 2004).

Artefactos de movimento em pacientes com uma maior frequência cardíaca continuam a ser o maior desafio da TCMC embora, a qualidade de imagem diagnóstica possa ser alcançada na maioria dos casos através da administração de β -bloqueantes. Desta forma, no futuro de modo a evitar a necessidade do controlo da frequência cardíaca e uso de β -bloqueantes, é necessário uma maior resolução temporal do equipamento.

O aumento da velocidade de rotação, poderá ser a solução para obter um melhor desempenho clínico. No entanto, é necessário ter em conta o enorme aumento das forças mecânicas para que isto aconteça pois, para ter uma rotação de 0,42 segundo implica uma força centrífuga de 17G. Para se obter uma resolução temporal inferior a 100 ms independentemente da frequência cardíaca é necessário um tempo de rotação da ampola de 0,2 segundos, o equivalente a 75G e possivelmente uma alternativa para novos aumentos na velocidade de rotação passará por reconsiderar todo o conceito do equipamento força (Flohr, T. G. 2005).

Recentemente, foram introduzidos na TC 16 cortes aumentos do tamanho da *gantry*, com um diâmetro interno de até 85 cm e um FOV de reconstrução até 82 cm. Estas modificações provavelmente vão ganhar

uma importância considerável num futuro próximo, devido ao crescimento do número de pacientes severamente obesos.

De uma forma geral, haverá um aumento do número de cortes simultaneamente adquiridos com uma nova geração de sistemas de TC com 32 e 40 detetores (Flohr, T. G. 2005).

O desenvolvimento de equipamentos com 64 detetores com espessuras de cortes de 0,5 mm e tempos de rotação de 400 milissegundo, vieram permitir uma redução de aquisição de dados, redução dos tempos de apneia e diminuiu os artefactos de movimento, reduzindo a quantidade de contraste necessário administrar (Martuscelli, A. et al. 2004).

Uma melhoria qualitativa que permitiria novas aplicações clínicas trazendo avanços substanciais seria, a introdução de detetores de área suficientemente grandes de forma a cobrir todo um órgão como o coração, de modo a realizar o exame numa só aquisição.

Com estes sistemas, o estudo de volumes dinâmicos seria viável, abrindo assim um leque inteiro de novas aplicações, tais como, estudos de perfusão de volume (Becker, C. R. et al. 2004).

O desenvolvimento de equipamentos com 256 e 320 detetores vieram possibilitar um aumento da cobertura no eixo longitudinal para aproximadamente 12 a 16 cm.

Desta forma, sem movimento da mesa e com apenas uma rotação da *gantry* é possível realizar uma TCC com um sincronismo ECG prospetivo com um controlo da FC, mais lenta, será muito útil no sentido em que permite a aquisição das imagens numa fase de menor movimento cardíaco, reduzindo desta forma substancialmente a dose de radiação, quando comparadas com a técnica retrospectiva (Rybicki, F. J. et al, 2008).

Outra das vantagens destes equipamentos é que como os dados são adquiridos muito rapidamente, isto é, em apenas um ciclo cardíaco, não existe o risco de um registo incorreto da fase, de modo a criarem artefactos decorrentes de batimentos cardíacos irregulares (Steigner, M. L. et al, 2009).

22. Conclusão

A TCC é um dos mais sofisticados exames de tomografia computadorizada existente até à data.

A utilização desta técnica requer um grande cuidado por parte do técnico de radiologia devido à combinação de fatores que são necessários controlar para a realização deste tipo de exames nomeadamente, FC, contraste iodado, dose de radiação e tempos de apneia do paciente.

Este conjunto de fatores, associado ao uso de protocolos pré-definidos e uso de β -bloqueantes, permite que as imagens adquiridas consigam superar a problemática do movimento cardíaco. Desta forma, melhores imagens obtidas beneficiam o paciente pois permitem a realização de um bom diagnóstico.

Tudo isto só foi possível com a chegada da TCMC pois é um campo de pesquisa em constante evolução sendo que, as melhorias efetuadas ao nível da resolução temporal e espacial permitiram que fosse usada para além da imagem anatómica, sendo aplicada na aquisição de imagem cardíaca.

A TCC veio permitir a avaliação não invasiva de um já vasto leque de doenças cardiovasculares, sendo que a primeira e grande aplicação desta técnica foi fornecer a avaliação do risco de doença arterial coronária por placa aterosclerótica.

Com o desenvolvimento desta técnica ao longo do tempo, novas aplicações têm vindo a ser desenvolvidas para que os pacientes possam tirar o maior benefício desta técnica.

A utilização da TCMC, nos estudos cardíacos veio ainda facilitar aos profissionais de saúde a escolha do meio de diagnóstico mais efetivo de modo a melhorar o prognóstico e tratamento dos pacientes, aumentando assim a sua longevidade e qualidade de vida.

23. Referências

1. Alwan, A. (2010), *Global status report on noncommunicable diseases 2010*, World Health Organization.
2. Becker C. R. et al. (2004). *Past, Present, and Future Perspective of Cardiac Computed Tomography*. Journal Of Magnetic Resonance Imaging; 19: 676–685.
3. Bidman R. S. et al. (2009). *Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer*. Arch Intern Med; 169: 2078-2086.
4. Bowman, A. W. et al. (2009). *Coronary Computed Tomographic Angiography: Current Role in the Diagnosis and Management of Coronary Artery Disease*. Pol Arch Med Wewn; 119: 381–390.
5. Budoff, M. J. et al. (2006). *Computed Tomographic Cardiovascular Imaging*. Semin Ultrasound CT MRI; 27:32-41.
6. Cademartiri, F. et al. (2004). *Sixteen-Row Multislice Computed Tomography: Basic Concepts, Protocols, and Enhanced Clinical Applications*. Seminars in Ultrasound, CT, and MRI; Vol 25, 1: 2-16.
7. Carrigan, P. et al. (2009). *Prognostic utility of 64-slice computed tomography in patients with suspected but no documented coronary artery disease*. European Heart Journal; 30: 362–371.
8. Cimadon, H. et al. (2010). *Dietary Habits and Risk Factors for Atherosclerosis in Students from Bento Gonçalves*. Arq Bras Cardiol; 95: 166-172.
9. Deglin, J. H. et al. (2001). *Guia Farmacológico para Enfermeiros*. Sétima edição, ISBN:972-8383-47-9.
10. Earls, J. P. et al. (2008). *Prospectively Gated Transverse Coronary CT Angiography versus Retrospectively Gated Helical Technique: Improved Image Quality and Reduced Radiation Dose*. Radiology: Vol. 246: 3: 742-753.
11. Einstein, A. J., et al. (2007). *Estimating Risk of Cancer Associated With Radiation Exposure From 64-Slice Computed Tomography*

-
- Coronary Angiography*. American Medical Association; Vol. 298, 3: 317-323.
12. Feyter P. J. et al. (2007). *Computed Tomography of the Coronary Arteries Departments of Cardiology and Radiology*. Vol. 4, 2, Erasmus Medical Center, Rotterdam.
13. Flohr, T. G. et al. (2003). *Advances in Cardiac Imaging with 16-Section CT Systems*. Academic Radiology; 10: 386–401.
14. Flohr, T. G. et al. (2005). *Multi-Detector Row CT Systems and Image-Reconstruction Techniques*, Radiology; 235: 756–773.
15. Francesco, S. (2009). *Simulação e Reconstrução em Tomografia Cardiotorácica*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
16. Freed, K. S. et al. (2001). *Breakthrough adverse reactions to low-osmolar contrast media after steroid medication*. AJR 001; 176: 1389-1392.
17. GE Medical Systems (2002). *Program Supplement CT: Cardiac Applications*. Rev1, 1-45.
18. Gerber, T. C. et al. (2006). *Computed Tomographic Angiography of the Coronary Arteries: Techniques and Applications*. Semin Ultrasound CT MRI; 27: 42-55.
19. Hofman, M. H. K. et al. (2005). *Noninvasive Coronary Angiography with 16-Detector Row CT*. Radiology; 234: 86–97.
20. Huang, B. et al. (2010). *Radiation dose and cancer risk in retrospectively and prospectively ECGgated coronary angiography using 64-slice multidetector CT*. Br J Radiol; 83: 152-158.
21. Jones, C. M. et al. (2008). *Coronary Stent Assessment with 64-Slice Multislice Computed Tomography* Semin Ultrasound CT MRI; 29: 214-222.
22. Jones, I. D. et al. (2010). *Pitfalls in Evaluating the Low-Risk Chest Pain Patient*. Emerg Med Clin; 28: 183–201.
23. Juchem, B. C. et al. (2004). *Contraste Iodado em Tomografia Computadorizada: Prevenção de Reações Adversas*, Rev Bras Enferm, Brasília; 57:57-61.
-

-
24. Juchem, B. C. et al. (2007). *Reações Adversas Imediatas Ao Contraste Iodado Intravenoso Em Tomografia Computorizada*, Revista Latino-am Enfermagem; 15: 1-7.
25. Kim, S. M. et al. (2008). *Coronary Calcium Screening Using Low-Dose Lung Cancer Screening: Effectiveness of MDCT with Retrospective Reconstruction*. AJR; 190: 917–922.
26. Kroft, L. J. M. et al. (2007). *Artifacts in ECG-Synchronized MDCT Coronary Angiography*. AJR; 189: 581–591.
27. Lopes, M. S. et al. (2012). *Índice Nacional Terapêutico*, Tupam Editores SA ; 122 : 504.
28. Loureiro, R. et al. (2003). TC e RM cardíaca: uma revolução não invasiva em cardiologia vascular, Radiol Bras; 36: III-IV.
29. Macedo, A. et al. (2010). *O Síndrome Coronário Agudo - Nos Cuidados de Saúde Primários*. Acta Med Port; 23: 213-222.
30. Martuscelli, E. et al. (2004). *Evaluation of Venous and Arterial Conduit Patency by 16-Slice Spiral Computed Tomography*. Circulation; 110: 3234-3238.
31. Medeiros, J. (2009). *Qualidade de Imagem versus Dose em Tomografia Computorizada*. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
32. Nomura, C. H. et al. (2011). *Tomografia de Coronárias: Indicações Clínicas e Perspectivas Futuras*. Rev Bras Ecocardiograma Imagem Cardiovascular; 24:76-87.
33. Oliveira, I. (2006). *Mortalidade: Compressão, Deslocamento e Causas de Morte (Portugal 1950-2005)*. Revista de Estudos Demográficos; 48, Artigo 2º, pág. 35.
34. Pannu, H. K. et al. (2003). *Current Concepts In Multi-Detector Row CT Evaluation of the Coronary Arteries: Principles, Techniques, and Anatomy*. RadioGraphics; 23: S111–S125.
35. Pannu, H. K. et al. (2006). *β -blockers for Cardiac CT: A Primer for the Radiologist*. AJR; 186: S341-S345.
-

-
36. Primak, A. N. et al. (2006). *Relationship between Noise, Dose, and Pitch in Cardiac Multi-Detector Row CT*. RadioGraphics; 26:1785–1794.
37. Rybicki, F. J. (2006). *Protocol Fundamentals for Coronary Computed Tomography Angiography*. Cardiac Imaging in Practice; 119-121.
38. Rybicki, F.J. et al, (2008). *Initial evaluation of coronary images from 320-detector row computed tomography*. Int J Cardiovasc Imaging; 24:535-546.
39. Santos, A. P. et al. (2009). *Produtos de Contraste Iodados*. Artigo de Revisão, Acta Med Port; 22: 261-274.
40. Serra, D. et al. (2009). *Valor prognóstico da angiografia por tomografia computadorizada na avaliação da doença coronária*. Vol.1. Revista de Ciências da Saúde da ESSCVP.
41. Silva, J. (2005). *Segmentação Pulmonar em Estudos de Tomografia Axial Computorizada*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
42. Sun, Z. (2010). *Multislice CT Angiography in Cardiac Imaging. Part II: Clinical Applications in Coronary Artery Disease*. Singapore Med J; 51: 282-289.
43. Sun, Z. (2010a). *Multislice CT Angiography in Cardiac Imaging. Part III: Radiation Risk and Dose Reduction*. Singapore Med J; 51: 374-379.
44. Steigner, M. L. et al, (2009). *Narrowing the phase window width in prospectively ECG-gated single heart beat 320-detector row coronary CT angiography*. Int J Cardiovasc Imaging; 25:85-90.
45. Shuman, W. P. et al (2008). *Prospective versus Retrospective ECG Gating*. Cardiac Imaging Radiology; Vol. 248, 2: 431-437.
46. Trabold, T. et al. (2003). *Estimation of radiation exposure in 16-detector row computed tomography of the heart with retrospective ECG-gating*. Rofo; 175: 1051-1055.
47. Woodard, P. K. et al. (2006). *Non-Coronary Cardiac CT Imaging*, Seminar Ultrasound CT and MRI; 27: 56-75.
48. G.E. Healthcare: www.gehealthcare.com. Consulta em: Maio de 2011.
49. Hospital da Cruz Vermelha Portuguesa: www.hospitalcruzvermelha.pt. Consulta em: Fevereiro de 2011.
-

24. Anexos

Anexo I - Cronograma e Actividades

FEVEREIRO DE 2011						
Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
	1 14:00- 20:00	2 14:00- 20:00	3 14:00- 20:00	4 14:00- 20:00	5 14:00- 20:00	6 14:00- 20:00
7 14:00- 20:00	8 14:00- 20:00	9 14:00- 20:00	10 14:00- 20:00	11 14:00- 20:00	12 14:00- 20:00	13 14:00- 20:00
14 14:00- 20:00	15 14:00- 20:00	16 14:00- 20:00	17 14:00- 20:00	18 14:00- 20:00	19 14:00- 20:00	20 14:00- 20:00
21 14:00- 20:00	22 14:00- 20:00	23 14:00- 20:00	24 14:00- 20:00	25 14:00- 20:00	26 14:00- 20:00	27 14:00- 20:00
28 14:00- 20:00						
MARÇO DE 2011						
Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
	1 14:00- 20:00	2 14:00- 20:00	3 14:00- 20:00	4 14:00- 20:00	5 14:00- 20:00	6 14:00- 20:00
7 14:00- 20:00	8 14:00- 20:00	9 14:00- 20:00	10 14:00- 20:00	11 14:00- 20:00	12 14:00- 20:00	13 14:00- 20:00
14 14:00- 20:00	15 14:00- 20:00	16 14:00- 20:00	17 14:00- 20:00	18 14:00- 20:00	19 14:00- 20:00	20 14:00- 20:00
21 14:00- 20:00	22 14:00- 20:00	23 14:00- 20:00	24 14:00- 20:00	25 14:00- 20:00	26 14:00- 20:00	27 14:00- 20:00
28 14:00- 20:00	29 14:00- 20:00	30 14:00- 20:00	31 14:00- 20:00	Fevereiro – 120 horas Março – 126 horas		

Anexo II - Preparação e Consentimento para Realização de Tomografia Computadorizada do HCVP

Anexo III - Questionário para a Realização do Exame de Tomografia Computadorizada